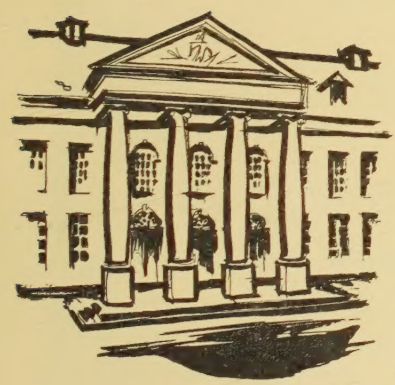
Botanical Pool Journal

67e Année 2e Trimestre 1961 No 2

COMMONWEALTH BUREAU
OF
PASTURES AND FIELD CROPS
LIB. REF.
RECD. 23 AUG 1961
Ab. by RJD
DATE 25.4.61
Ab. Articles : PP. HA/FCA

ANNALES DE GEMBLOUX



ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

SOMMAIRE

P. Elsocht. — *Les réalisations de l'Institut National Belge du Houblon en matière de sélection* 89

G. Henrard. — *Essai sur l'application de la lumière artificielle à la culture forcée de la tomate.* 101

P. Nangniot. — *L'application des méthodes électrochimiques d'analyse à la recherche agronomique présente de sérieux et nombreux avantages* 145

Bibliographie 172

Comité de Rédaction.
Président : Bruneau, M.
Secrétaire : Brismée, J.-M.
Trésorier : Lambion, R.
Membres : De Groof, G. ; Demortier, G. ; Favresse, S. ; Steyaert, R. ; Thomas, R. ; Van Hagendoren, G.
Secrétaire de Rédaction : A. Moës, Gembloux, (tél. (081) 611.94).

Compte chèques-postaux n° 1660.59 : Association des Ingénieurs de Gembloux, 4, avenue des Narcisses, Bruxelles 18.
Compte courant n° 64.431 de l'Association à la Société générale de Belgique, à Bruxelles.

Abonnements : *Prix nets (+ taxe éventuelle).*

	Particuliers	Bibliothèques publiques et librairies
Belgique et Grand-Duché de Luxembourg ..	300 fr. ...	240 fr. ...
Congo	325 fr. ...	260 fr. ...
Autres pays	350 fr. ...	280 fr. ...
Le numéro :		
Belgique et Grand-Duché de Luxembourg ..	80 fr. ...	64 fr. ...
Congo	85 fr. ...	68 fr. ...
Autres pays	90 fr. ...	72 fr. ...

Les abonnements sont souscrits auprès du Trésorier de l'A.I.Gx., M. R. Lambion, 4, avenue des Narcisses, Bruxelles 18 (tél. 74.40.79).

Les publications originales sont signées par les auteurs qui en assument l'entière et exclusive responsabilité.

Les « Annales de Gembloux » acceptent l'échange avec toutes les revues scientifiques traitant des matières agronomiques. Il sera rendu compte de tout ouvrage dont un exemplaire parviendra au Secrétaire de Rédaction.

La reproduction ou la traduction des articles n'est autorisée qu'après accord avec la rédaction.

Éditeur responsable : A. Moës, 32, Avenue des Combattants, Gembloux (Belgique).

ENGRAIS

INDISPENSABLE

LES SCORIES THOMAS

(Phosphate basique)

apportent au sol

Acide phosphorique,

Chaux, Magnésie *et*

Manganèse,

améliorent

les qualités physiques de

CHAQUE TERRE

Service Agronomique
des Producteurs Belges et Luxembourgeois
de Scories Thomas,
47, Rue Montoyer,
BRUXELLES.

MOTOCULTEURS

SIMAR

5 - 8 - 10 - 12 CV

HOUE SARCLEUSE ROTATIVE

ERPA

3 CV

STÉRILISATEUR DE TERRE

SIMONEX

Charles GUINAND

58-62, Grande Rue au Bois, BRUXELLES 3.

Tél. (02) 15.60.93

TIRLEMONT

Sucres blancs de tous calibres

Cassonades « Graeffe »

Exigez-les en emballage d'origine.

C'est la qualité de la confiture

MATERNE

qui a fait sa renommée.

Les progrès réalisés depuis 60 ans par cette firme — la plus importante de Belgique — vous sont un sûr garant de la valeur de ses produits.

La première installation belge de "Quick-Freezing,,
Fruits et Légumes surgelés à — 40° Frima.
Pectine liquide et sèche.
Conserves de légumes.

Ets. E. MATERNE, Jambes-Bruxelles-Grobbendonk.

Fresnes
Nord

ENGRAIS
BATTAILLE

Basècles
Hainaut

- ACIDE SULFURIQUE
- SUPERPHOSPHATE
- ENGRAIS COMPLETS

« FERTICILINE »

POUR L'AGRICULTURE et L'HORTICULTURE.

ALIMENTS MÉLASSÉS

Vous obtiendrez les meilleurs veaux avec

«ATOMILK»

Obtenu par homogénéisation de la graisse et cuisson de la farine dans le lait écrémé liquide puis séchage (Spray)

Suppression de tous ennuis **(diarrhée, ballonnements...)**
Viande plus blanche et plus grasse
Meilleur rendement à l'abattage

Supérieur au lait entier parce que

meilleur équilibre minéral
meilleur équilibre vitaminique
meilleur équilibre calories/protéine
meilleur équilibre calories des graisses/calories totales
meilleur équilibre acides gras totaux/acides gras essentiels

FAVRESSE,
Ingénieur Agronome,
3, Av. Wolvendael, BRUXELLES 18.

NITRATE DE SOUDE NATUREL DU CHILI

LE SEUL ENGRAIS NITRIQUE D'ORIGINE NATURELLE

16 % d'azote nitrique

est employé dans le monde entier et convient à toutes les cultures.

Renseignements :

SOC. COMM. DES NITRATES DU CHILI, s. a.

23, Lange Clarenstraat, ANVERS. — Tél. : 32.52.55 et 32.52.57.

ANNALES DE GEMBLOUX

67e Année. 2e Trimestre 1961. No 2

INSTITUT NATIONAL BELGE DU HOUBLON

Les réalisations de l'Institut national Belge du houblon en matière de sélection

par

Paul Elsocht, (*)

Quand l'Institut National Belge du Houblon (I.N.B.H.) a commencé ses travaux, il s'est rapidement rendu compte que son programme de recherches devait accorder une priorité absolue à la sélection de souches.

Au début de notre action pour l'amélioration du houblon en Belgique, nos vieilles variétés autochtones étaient de plus en plus délaissées. La Brasserie belge, pour ses besoins en houblons fins, avait recours à l'importation en ordre principal des houblons allemands et tchécoslovaques. Ceux-ci jouissaient à juste titre, d'une réputation enviable pour leurs qualités brassicoles, leurs analyses élevées et une finesse d'arôme que les brasseurs prétendaient ne pouvoir rencontrer ailleurs. En outre, la présentation était soignée et leur degré d'humidité répondait aux désirs des utilisateurs.

La Belgique, dans cette lutte, était nettement défavorisée par rapport à ses redoutables concurrents. Ceux-ci avaient l'avantage du climat bien différent du nôtre et celui d'une réputation ancestrale de leurs produits.

Ajoutons à cela que, depuis la fin des hostilités, les facteurs économiques qui influencent le prix de revient sont plus favorables aux pays précités qu'au nôtre.

Notre tâche paraissait donc malaisée et pleine d'embûches. Les expériences de remplacement des vieilles variétés par des souches étrangères, plus riches et plus fines, se faisaient depuis des années à notre Station et se poursuivaient.

Recherches exécutées sous les auspices de l'Institut pour l'encouragement des Recherches Scientifiques dans l'Industrie et l'Agriculture et du Centre Technique et Scientifique de la Brasserie et Malterie.

(*) Ingénieur agronome, Conseiller Technique à l'Institut National Belge du Houblon.

Mais ce travail n'était pas suffisant. L'I. N. B. H. n'a pas hésité à prendre les devants. Il estima que la seule façon de lutter était de pratiquer la sélection de souches des principales variétés cultivées en Belgique.

Grâce aux ressources de la génétique, il a orienté son principal effort de recherches vers la découverte de quelques clônes présentant les caractères et qualités qui soient de nature à dissiper toute la méfiance de la Brasserie envers des houblons produits en Belgique.

Replant Hallertau.

Lors de notre installation à Essene en 1946, nous disposions d'une population hétéroclite de boutures très irrégulières et d'origines les plus diverses de replant Hallertau.

Comme cette variété était la plus répandue en Belgique et qu'elle rencontrait un réel succès auprès des planteurs, l'effectif de nos plantations était constitué par environ 45 % de Hallertau.

Les travaux de sélection furent entrepris en 1947 et ils se poursuivirent d'une façon très poussée à Essene jusqu'en 1953.

Ces recherches nous ont permis, après une élémination massive, de sortir 18 souches intéressantes d'une population de 2.000 plantes.

Elles ont été suivies régulièrement et ont fait l'objet de pesées et d'analyses chaque année.

Par suite de l'expropriation due au passage de l'autoroute Bruxelles-Ostende au travers de nos plantations, notre transfert à Asse fut décidé en 1952. La transplantation des 18 souches de Hallertau retenues ne pouvait être envisagée sans aléas.

L'expérience nous avait appris que des souches de 7 ans se ressentiraient durement d'une telle opération. Le rétablissement d'une production normale ne pouvait être espéré qu'après 2 ou 3 ans. C'est pourquoi nous avons décidé de multiplier au maximum les souches-mères retenues et de poursuivre la sélection sur les descendants des plantes que nous avions jugées dignes d'intérêt.

Cette multiplication fut opérée par la plantation de rejets aériens en pépinière et fut couronnée de succès.

Nous disposions en 1953 et 1954 pour nos plantations de Asse de 18 lots de plantes triées, bien enracinées et régulières. Au total, 7 rangées furent consacrées à cet effet, soit environ 560 plantes pour les 18 clônes.

Nos recherches reprirent en 1954. Après une élimination particulièrement sévère, une nouvelle série de plantes fut retenue. Celles-ci furent soumises, de 1954 à 1959, aux épreuves habituelles de pesées et d'analyses séparées.

Après 1959, il nous fut possible de dresser un bilan de ces nombreuses compétitions. Un classement général fut établi et nous décidâmes de ne plus retenir que 5 souches en vue des multiplications futures. Toutefois, les autres souches moins avantageusement classées continueront à être suivies.

Les résultats annuels accusés par ces 5 plantes sont consignés dans les tableaux qui suivent.

Afin de faciliter la lecture de ces derniers, disons que les pouvoirs d'amertume sont établis sur matière sèche. Les rendements secs sont calculés à 0 % d'eau. Ces résultats quantitatifs peuvent paraître faibles, en réalité, ils doivent être augmentés de 10 à 11 %, si l'on veut obtenir du houblon commercial accusant une humidité maxima tolérée de 12 %.

L'indice A. P. S. représente le produit du pouvoir d'amertume sur sec par le rendement sec à 0 % d'eau. Il constitue un critère reflétant les qualités tant agricoles que brassicoles d'une souche.

N° de la plante	années	pouvoir d'amertume sur sec	rendement sec à 0 % d'eau	Indice A.P.S.
27/8	1953	7.07	0.957	6.77
	1954	5.49	0.521	2.86
	1955	8.43	0.930	7.84
	1957	6.58	0.620	4.08
	1958	6.49	0.709	4.60
	1959	8.40	0.617	5.18
	moyenne	7.07	0.725	5.22
34/22	1954	5.36	0.685	3.67
	1955	9.44	0.882	8.33
	1957	7.20	0.707	5.09
	1958	7.34	0.722	5.30
	1959	7.69	0.414	3.18
	moyenne	7.41	0.662	5.11
27/45	1954	6.30	0.838	5.28
	1955	9.80	0.933	8.47
	1956	6.80	0.295	2.00
	1957	7.06	0.413	2.92
	1958	7.93	0.913	7.24
	1959	7.89	0.447	3.53
	moyenne	7.63	0.640	4.91
27/26	1954	5.64	0.828	4.64
	1955	7.42	0.879	6.52
	1956	6.25	0.353	2.20
	1958	7.06	0.790	5.58
	1959	7.82	0.698	5.46
	moyenne	6.83	0.709	4.88
34/9	1953	8.44	0.771	6.51
	1954	5.70	0.465	2.65
	1955	7.79	0.971	7.56
	1957	7.27	0.655	4.56
	1958	7.00	0.696	4.87
	1959	6.25	0.392	2.45
	moyenne	7.07	0.658	4.80

Tableau récapitulatif des moyennes des 5 plantes retenues.

27/8	7.07	0.725	5.22
34/22	7.41	0.662	5.11
27/45	7.63	0.640	4.91
27/26	6.83	0.709	4.88
34/9	7.07	0.658	4.80

L'examen de ce dernier tableau synoptique nous prouve que si les résultats des analyses brassicoles et ceux des rendements agricoles se neutralisent parfois, les indices A. P. S. se tiennent d'assez près.

La sévérité dont nous avons dû faire preuve lors des éliminatoires pour déclasser les souches moins intéressantes nous permet de disposer maintenant d'un matériel de premier ordre. Ces plantes seront multipliées en serre dès cette année afin de constituer 5 petits lots de jeunes plantes. Quand nous pourrons disposer de sujets suffisamment vigoureux, ces lots seront mis en place séparément sur la même rangée afin de mieux observer et comparer la transmission des caractères parentaux à leur descendance.

Il nous sera possible de récolter alors des quantités de 1,5 kg à 2 kg de cônes pour mettre sur pied une dernière épreuve :

— *celle des essais de brassins en brasserie expérimentale.*

Replant Hallertau : clône nº 27/8.

Replant Saaz d'origine.

Il s'agit ici de plantes de la variété Saaz rigoureusement d'origine, directement importées de Tchécoslovaquie en 1949 et dont l'authenticité ne peut être contestée.

La sélection de souches de cette variété a pu être entamée pendant notre séjour à Essene. Mais, comme nous ne disposions que d'un très petit nombre de boutures importées, il nous a fallu les multiplier au maximum. Lors de notre transfert, nous possédions environ 300 plantes vigoureuses et bien enracinées pour les plantations de Asse.

Dès lors, les travaux de sélection ont pu se faire dans de bien meilleures conditions puisqu'ils ont porté sur une population nombreuse et d'une grande régularité de développement dès la première année de plantation.

Pendant les premières années qui ont suivi leur introduction en Belgique, les Saaz d'origine ont éprouvé quelques difficultés à s'adapter à nos circonstances climatériques. Transplantées sans aucune transition d'un pays à climat continental dans une région où les courants maritimes prévalent, le phénomène ne présente rien d'anormal.

Dès à présent, après une période d'observations de 12 ans, on peut estimer que les Saaz d'origine se sont adaptés à notre pays. Les résultats enregistrés témoignent d'une amélioration lente et régulière et sont très encourageants. Nous pouvons nous féliciter d'avoir réussi sans encombre cette opération délicate.

Si on le compare au Saaz 25, d'introduction plus ancienne, et actuellement répandu un peu partout en Belgique, le Saaz d'origine présente les caractères suivants :

rendement agricole intéressant, analyses brassicoles un peu inférieures à celle du Saaz 25.

Par contre, il présente une supériorité évidente par rapport au Saaz 25 pour ce qui concerne la finesse de l'arôme. Les cônes sont nombreux, généralement plus petits que ceux du Saaz 25. Au lieu d'être éparpillés, les cônes se présentent en grappes serrées, si caractéristique chez la variété Saaz.

De petits lots de plantes ont été mis en observation chez des planteurs d'autres terroirs, afin d'étudier le comportement du replant Saaz d'origine dans d'autres sols des centres houblonniers. En outre, des lots assez importants ont été diffusés pour satisfaire les demandes. Je pense que ces planteurs n'ont pas eu à regretter leurs essais qui ont été très encourageants.

Mais ces quantités de cônes de replant Saaz d'origine récoltées restent beaucoup trop faibles que pour pouvoir se rendre compte du jugement de la brasserie. Quand le négoce pourra présenter aux brasseurs des balles de 75 à 80 kg de cette variété, la situation pourrait changer. Des essais de brassins industriels pourraient alors être mis en pratique. On n'hésiterait pas à payer un bon prix pour du Saaz d'origine produit en Belgique, dont l'authenticité donnerait tous leurs apaisements aux utilisateurs.

Sur une population de 292 souches, une sélection sévère pratiquée depuis 1953 et 1954 a permis de retenir 4 plantes qui sont observées, pesées et analysées séparément chaque année. Ces souches seront multipliées, de petits lots de plantes seront constitués et mis en place en plantation le plus tôt possible.

Replant Saaz d'origine.

Nous aurons alors à faire subir la dernière épreuve, des essais de brassins à ces quatre clônes.

Jusqu'à présent, ces essais n'avaient porté que sur la masse du replant Saaz d'origine. Les résultats ont été fort satisfaisants et nous permettent de croire que nous sommes sur la bonne voie. Lors de la dernière séance de dégustation de bières de fermentation basse, notre replant Saaz d'origine est sorti brillamment de sa série en l'emportant sur un Saaz d'origine importé.

Ci-dessous, les résultats accusés par ces 4 souches.

N° de la plante	années	pouvoir d'amertume sur sec	rendement sec à 0 % d'eau	Indice A.P.S.
52/36	1954	4.06	0.895	3.63
	1955	5.74	0.814	4.67
	1956	5.13	0.301	1.54
	1957	4.70	0.356	1.67
	1958	6.02	0.451	2.72
	1959	6.34	0.668	4.23
	moyenne	5.33	0.580	3.07
52/38	1954	4.31	0.687	2.96
	1955	6.67	0.578	3.86
	1956	4.73	0.264	1.25
	1957	5.22	0.385	2.00
	1958	6.21	0.659	4.09
	1959	6.73	0.376	2.53
	moyenne	5.64	0.491	2.78
N.S.5	1953	6.88	0.398	2.74
	1954	3.75	0.506	1.90
	1955	6.97	0.424	2.96
	1956	5.27	0.278	1.47
	1957	4.27	0.666	2.84
	1958	6.15	0.535	3.29
	1959	5.98	0.447	2.67
	moyenne	5.61	0.464	2.55
51/26	1954	3.38	0.803	2.71
	1955	5.39	0.644	3.47
	1956	5.01	0.197	0.99
	1957	3.78	0.487	1.84
	1958	5.51	0.428	2.36
	1959	5.53	0.418	2.31
	moyenne	4.76	0.499	2.28

Tableau récapitulatif des moyennes des 4 souches retenues.

52/36	5.33	0.580	3.07
52/38	5.64	0.491	2.78
N.S.5.	5.61	0.464	2.55
51/26	4.76	0.499	2.28

Replant Saaz 25.

Sous cette dénomination se rangent les Saaz les plus cultivés en Belgique.

Introduits dans notre pays il y a une trentaine d'années, on peut considérer qu'ils se sont maintenant parfaitement adaptés à notre climat.

Je rappellerai brièvement les caractères variétaux du SAAZ qui jouit à juste titre d'une réputation universelle en raison de sa finesse. Il constitue le standard des houblons de fermentation basse.

Cette variété se distingue par une grande vigueur de végétation et par la difficulté qu'éprouvent les tiges pour grimper aux fils conducteurs. Elle possède une plus grande résistance que le HALLERTAU au Pseudo-Peronospora. Par contre, elle est plus sensible aux parasites : Aphis et Araignée rouge.

La densité des cônes est inférieure à celle du HALLERTAU, mais supérieure au TETTNANG.

Une première sélection a été entamée dans nos plantations d'Essene. Mais le nombre de souches dont nous disposions était trop limité et il a fallu pousser la multiplication au maximum.

Dans nos plantations de Asse, les travaux de sélection ont porté sur une population de 900 plantes vigoureuses et bien régulières.

Après un cycle d'observations, de pesées et d'analyses séparées entamées en 1954 et poursuivies chaque année, un classement général a pu être établi. 5 souches ont été retenues pour être multipliées. Des essais de brassins expérimentaux seront établis dès que possible. Lors de cette dernière compétition, nous pourrions comparer les qualités brassicoles des 4 meilleures souches de replant SAAZ d'origine à celles des 5 souches retenues des SAAZ 25.

Ci-dessous, les résultats enregistrés par les SAAZ 25 :

N° de la plante	années	pouvoir d'amertume sur sec	rendement sec à 0 % d'eau	Indice A.P.S.
56/35	1954	6.11	1.003	6.13
	1955	8.34	0.736	6.14
	1956	6.72	0.357	2.40
	1957	5.83	0.519	3.03
	1958	6.18	0.649	4.01
	1959	5.89	0.152	0.90
	moyenne	6.51	0.569	3.76
62/32	1954	5.55	0.620	3.44
	1955	7.63	0.639	4.88
	1956	6.60	0.364	2.40
	1957	6.78	0.293	1.99
	1958	7.44	0.758	5.64
	1959	7.55	0.512	3.87
	moyenne	6.92	0.531	3.70

N° de la plante	années	pouvoir d'amertume sur sec	rendement sec à o % d'eau	Indice A.P.S.
56/40	1954	5.30	0.829	4.39
	1955	8.47	0.685	5.80
	1956	6.49	0.397	2.58
	1957	5.62	0.498	2.80
	1958	7.06	0.523	3.69
	1959	7.61	0.344	2.62
	moyenne	6.75	0.546	3.64
56/44	1954	5.88	0.745	4.38
	1955	7.73	0.718	5.55
	1956	6.70	0.342	2.29
	1957	6.60	0.509	3.36
	1958	6.69	0.553	3.70
	1959	6.23	0.341	2.12
	moyenne	6.63	0.543	3.56
55/23	1954	5.53	0.770	4.26
	1955	7.69	0.671	5.28
	1956	6.43	0.300	1.93
	1957	6.53	0.354	2.31
	1959	6.66	0.731	4.87
	moyenne	6.60	0.565	3.73

N. B. — Cette dernière plante n'a pu être prélevée en 1958, par suite d'un accident indépendant de notre volonté.

Tableau récapitulatif des moyennes des 5 plantes retenues. Classement général.

56/35	6.51	0.569	3.76
55/23	6.60	0.565	3.73
62/32	6.92	0.531	3.70
56/40	6.75	0.546	3.64
56/44	6.63	0.534	3.56

Replant Tettnang.

Pendant notre séjour à Essene, la sélection de cette variété a été entreprise d'une façon approfondie.

Comme pour les Hallertau, nous disposions d'une population Tettnang nombreuse, de diverses origines, dont certains sujets nous paraissaient dignes de retenir l'attention.

Ces recherches nous ont permis de retenir 10 souches qui ont été soumises chaque année à des pesées et analyses séparées. Cette sélection, entamée en 1947, s'est poursuivie à Essene jusqu'en 1953.

La multiplication de ces 10 souches a été fort poussée en pépinière avant notre transfert définitif. Nous avions ainsi à notre disposition 10 clônes dont certains comportaient un nombre important de sujets. Ces lots de plantes choisies et régulières ont été mis en place dans nos plantations de Asse afin de comparer la transmission des caractères parentaux à leur descendance et d'opérer une 2e sélection.

Celle-ci a porté sur une population totale de 870 plantes. 14 souches, dont 3 transplantées des plantations d'Essene, ont été choisies pour être pesées et analysées séparément chaque année depuis 1954.

A la suite d'une élimination particulièrement sévère, 2 souches la 13/47 et la 10/34 ont été retenues pour être multipliées en serre le plus rapidement possible. Ces deux lots de plantes seront mis en place en plantation après leur passage en pépinière. Des essais de brassins seront organisés et leurs qualités brassicoles pourront être comparées à celles de nos meilleurs Saaz d'origine et Saaz 25 en fermentation basse.

La dernière période d'observations allant de 1954 à 1959 a mis en évidence la souche 13/47. Cette plante est particulièrement méritante parce qu'elle est le fruit de trois sélections. La 1re a permis de sortir le Tettnang 101, dont

Replant Tettnang : clône nº 101.

plusieurs centaines de sujets ont été mis en place en 1953 et 54 dans nos plantations de Asse.

Une resélection du 101 effectuée à Essene a vu la souche 33 prendre la tête des Tettnang. Enfin, une nouvelle sélection du clône 33 à Asse nous a permis de suivre deux souches : le 13/47 et le 13/44. Le 13/47 l'a emporté, mais le 13/44 se classe 3e sur un total de 14 souches suivies.

Remarquons la fidélité de la transmission des caractères — qualité de la souche 33 aux plantes de sa descendance. La 2e plante retenue en vue de la multiplication, la 10/34 provient d'une resélection de la descendance de la souche 19 obtenue à Essene.

Ci-dessous, les résultats accusés par ces plantes :

N° de la plante	années	pouvoir d'amertume sur sec	rendement sec à 0 % d'eau	Indice A.P.S.
13/47	1954	6.05	0.336	2.03
	1955	11.04	0.821	9.06
	1956	5.87	0.263	1.54
	1957	7.92	0.738	5.61
	1958	9.92	0.654	6.49
	1959	8.62	0.696	5.60
	moyenne	8.23	0.584	5.05
10/34	1953	8.51	0.320	2.72
	1954	6.64	0.514	3.41
	1955	10.15	0.859	8.72
	1956	5.43	0.160	0.87
	1957	8.00	0.500	4.00
	1958	8.63	0.588	5.94
	1959	9.58	0.333	3.19
	moyenne	8.13	0.467	4.12

Moyennes comparatives des deux plantes retenues.

13/47	8.23	0.584	5.05
10/34	8.13	0.467	4.12

La sélection de souches a porté également sur 3 autres variétés mais nous préférons nous en tenir, pour cet article, aux variétés les plus réputées qui jouissent à la fois de la faveur des planteurs, de la brasserie et du négoce.

Ces recherches doivent se poursuivre. Il est nécessaire de suivre les souches dont — dès à présent — nous avons décidé la multiplication. Nous devrons

faire de même pour celles qui subsistent en finale aux classements généraux des variétés respectives.

Il reste le problème de la diffusion à la culture des plantes provenant de la multiplication des nouveaux clônes. Nous espérons pouvoir être en mesure de satisfaire les premières demandes dans deux ou trois ans, quand les descendants des souches-mères retenues pourront nous fournir des boutures sur une grande échelle.

Dès à présent, nous tenons les planteurs au courant de nos travaux par l'intermédiaire d'une revue trimestrielle vulgarisatrice.

Il est du plus haut intérêt de multiplier les appels aux milieux houblonniers, afin qu'ils renoncent à recourir à des multiplicateurs de masse pour leurs achats. Le renouvellement des plantations ne devrait plus se faire que par l'emploi de plants sélectionnés.

Ce plan est audacieux, mais parfaitement réalisable. Pour son accomplissement, le concours de tous est nécessaire. L'appui des organismes dispensateurs de subsides nous a permis de réaliser le travail décrit ci-dessus et nous les en remercions bien vivement.

La collaboration de la brasserie, du négoce et des planteurs est une nécessité impérieuse. A ce prix seulement, nous pourrons mener notre tâche à bonne fin et poursuivre nos efforts qui ont déjà fourni tant de résultats heureux et prometteurs.

INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

CHAIRE D'HORTICULTURE

Essais sur l'application de la lumière artificielle à la culture forcée de la tomate

par

Georges HENRARD (*)

BUT DES ESSAIS.

Le but de la présente étude est de déterminer l'influence de la lumière artificielle sur la culture de la tomate et plus particulièrement :

1° d'estimer l'effet de la répartition spectrale de la lumière ;

2° de comparer l'efficacité de diverses lampes commerciales.

Cette influence est examinée aux points de vue du développement de la plante et de l'économie de la récolte.

Il nous a paru indispensable de contrôler s'il existe une relation directe entre, d'une part, le développement d'une plante soumise à irradiation et, d'autre part, la précocité et l'abondance de sa fructification.

En vue de nous placer dans les conditions normales de l'horticulteur, nous avons effectué les essais en serre chauffée et non en phytotron. Les sources d'irradiation sont donc comparées en tant que **lumière d'appoint**.

La serre présente également l'avantage de permettre la culture simultanée d'un plus grand nombre de plantes et réduit ainsi les erreurs dues au hasard de l'échantillonnage.

L'influence de l'irradiation sur la culture de diverses plantes et notamment sur la culture de la tomate, a fait l'objet de nombreuses expériences et a donné lieu à une littérature abondante.

Cependant, si tous les auteurs s'accordent pour reconnaître à l'éclairage

---

(*) Ingénieur agronome horticole.

Déposé à la rédaction le 23 décembre 1960.

artificiel une efficacité considérable, leurs conclusions sont loin d'être concordantes en ce qui concerne l'influence de la répartition spectrale.

Pour certains, les résultats obtenus sous diverses sources de lumière sont pratiquement équivalents. Pour d'autres, un net avantage se manifeste en faveur de lampes à spectre judicieusement choisi.

Nous ne mettons pas en doute l'objectivité des expérimentateurs. Les divergences ne peuvent donc s'expliquer que par une ou plusieurs des raisons suivantes :

1° les plantes ne réagissent pas toutes de la même manière à l'irradiation ;

2° les essais effectués n'ont pas été assez nombreux ou les échantillons prélevés comportaient trop peu d'individus pour que l'application du calcul des probabilités puisse donner des renseignements suffisamment significatifs ;

3° l'incidence d'autres facteurs que le facteur lumière a perturbé les résultats de certaines expériences.

Afin d'éviter des conclusions hâtives, nous avons donc multiplié les essais. Ceux-ci, au nombre de quatre, ont été réalisés en deux ans à raison de deux essais par année.

* * *

Caractéristiques des sources lumineuses
Répartition spectrale de l'énergie émise.

Les lampes à incandescence sont d'installation facile, mais elles exigent une trop forte consommation de courant (rendement faible : 90 % d'infrarouge) pour pouvoir être employées économiquement à l'irradiation des plantes.

Toutes les lampes utilisées dans les essais dont question ci-après sont du type à décharge.

A. *Lampe Philips HO 450 watts.*

Les lampes HO sont des lampes au mercure. Le rayonnement visible des lampes au mercure croissant avec la pression, les lampes HO sont construites pour une pression de travail de l'ordre de une atmosphère. Aux basses pressions en effet, la majeure partie des raies tombe dans l'ultra-violet.

Les lampes HO ne se sont révélées intéressantes que pour les puissances élevées. Les seuls types présentant encore de l'intérêt sont :

HO 1000 :	flux lumineux	: 9000 lm
	puissance absorbée	: 250 watts.
HO 2000 :	flux lumineux	: 18500 lm
	puissance absorbée	: 450 watts.

Pour un même flux lumineux, les lampes HO 2000 permettent donc une économie de 15% environ de courant par rapport aux lampes HO 1000.

Le tube à décharge des lampes HO est isolé thermiquement par une ampoule extérieure en verre où on a fait le vide. Cette ampoule reçoit très peu de rayonnement calorifique, les lampes à mercure n'émettant pratiquement pas de rayons infra-rouges. De plus, le verre de l'ampoule arrête la majeure partie des rayons ultra-violets.

La puissance émise dans la partie visible du spectre consiste en radiations qui se localisent dans les bandes jaune, verte et bleue. Tenant compte de la courbe de sensibilité de l'œil, le flux lumineux se compose pratiquement de radiations jaunes et vertes. Les radiations bleues ne contribuent que très faiblement au flux lumineux.

Il n'existe pratiquement pas de fond continu. Ce fond continu ne se manifeste nettement que pour les très hautes pressions, de l'ordre de 20 atmosphères.

B. *Lampe Philips HPL 250 watts.*

La très haute pression (de l'ordre de 20 atmosphères) a permis de réaliser des lampes au mercure très efficaces de plus faible puissance que les lampes HO. Pour résister à cette pression, le tube de décharge est construit en quartz. L'ampoule extérieure est remplie d'azote à la pression de 1/20 d'atmosphère pour réduire le temps nécessaire au refroidissement de la lampe après son extinction.

Ce sont les caractéristiques générales de la lampe Philips du type HP.

Tout comme pour la lampe HO, l'ampoule extérieure arrête la majeure partie du rayonnement ultra-violet.

Les constructeurs ont cependant jugé utile de tirer parti du reliquat des rayons ultra-violets. Ils ont utilisé à cette fin la propriété des matières luminescentes consistant à transformer les rayons ultra-violets en rayonnement visible.

Nous verrons cette propriété plus en détail au sujet des lampes TL.

La lampe HPL se distingue du type général HP par le fait que l'ampoule extérieure est tapissée intérieurement d'une couche de matières luminescentes.

Au point de vue du spectre, la lampe HPL est analogue à la lampe HO. Elle se distingue cependant par un fond continu non négligeable dû à la forte concentration des ions.

Ce fond continu se manifeste surtout dans la bande rouge.

C. *Lampes Philips TL 32 et TL 34.*

Ce sont des lampes tubulaires au mercure à basse pression et à ampoule luminescente.

Les matières luminescentes donnent la possibilité de composer plus ou moins arbitrairement un spectre donné, grâce à leur propriété de transformer la longueur d'onde des radiations. Il est tout indiqué de faire usage de cette

propriété pour transformer les rayons ultra-violets, non visibles, en rayons visibles se situant dans les bandes spectrales intéressantes.

Toute lampe au mercure produit des rayons ultra-violets, mais il faut que le rendement de ceux-ci soit élevé, car si la lumière visible directement émise est trop forte, elle couvre la lumière de luminescence et empêche ainsi la formation du spectre désiré.

Il faut donc nécessairement disposer d'une source lumineuse produisant essentiellement un rayonnement ultra-violet et disposer de matières luminescentes transformant le rayonnement ultra-violet en lumière appartenant à des régions spectrales différentes, de manière à couvrir tout le spectre visible.

Comme la plupart des verres absorbent fortement les rayons ultra-violets, les matières luminescentes doivent être déposées sur la paroi intérieure du tube.

L'augmentation de la pression et de la densité du courant favorise l'excitation à des niveaux énergétiques supérieurs et par conséquent le rayonnement dans le spectre visible. Le but poursuivi pour les lampes TL étant tout autre, la pression intérieure est ramenée à 0,01 mm de mercure et la puissance absorbée à 40 watts.

La raie 2.537 Å représente ainsi 96% du rayonnement total. La lampe est une source de rayonnement ultra-violet intense sans que la libre composition du spectre se trouve notablement contrariée par la présence d'un rayonnement visible.

Les efforts des constructeurs se sont portés, pour la lampe TL 32, sur la formation du rayonnement rouge et, pour la lampe TL 34, sur la formation de rayonnements rouge et bleu importants.

Les flux lumineux sont peu différents. Pour TL 34, le bleu a cependant une importance sensible n'existant pas dans les autres lampes déjà examinées.

D. *Lampe A. C. E. C. Phytor C. R. H. Lg.*

Cette lampe a été construite suivant les directives de MM. Bouillenne et Fouarge de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège. L'importance des différents groupes de longueurs d'onde a été déterminée suite à de nombreuses expériences effectuées sur des laitues, des choux et des tomates.

La lampe Phytor est un tube luminescent analogue aux lampes TL et consommant également 40 watts.

Son diagramme énergétique montre l'importance accordée aux rayonnements bleu et rouge. Il s'apparente à la lampe TL 34. L'analogie se manifeste également dans le flux lumineux ; l'importance du bleu est également un peu plus grande pour le tube Phytor.

E. *Lampe Philips SO 140 watts.*

La lumière du sodium se compose d'un certain nombre de raies doubles.

La raie double de loin la plus puissante se situe sur les longueurs d'onde de 5890 Å et 5896 Å, c'est-à-dire à la limite de la bande jaune du spectre. Pratiquement la lampe au sodium est monochromatique.

Le monochromatisme est quelque peu troublé, après un certain temps d'usage, par le rayonnement rouge émis par le néon à basse pression remplissant le tube. Suivant Oranje (3), on peut admettre que le néon intervient pour 3 à 5% environ dans le flux lumineux total de la lampe.

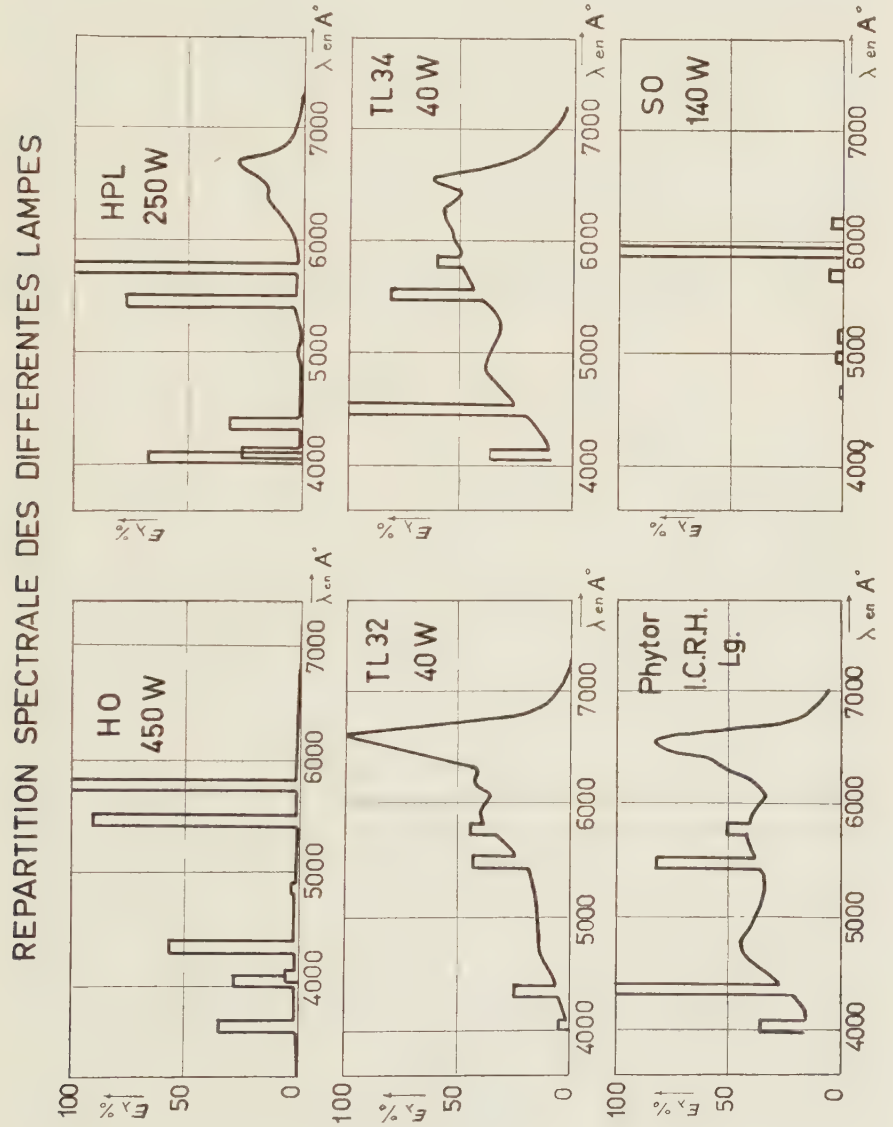


Diagramme n° 1.

Réalisation des essais.

Choix des variétés.

Notre choix s'est porté sur la variété « Tuckswood Improved Kondine Red », variété également choisie par M. Georges Piquer dans l'étude qu'il a faite, de 1953 à 1955, sur l'efficacité des lampes HO 450 et Phytor [4].

Il nous est ainsi possible de comparer certains résultats.

La variété « Tuckswood Kondine Red » est d'ailleurs une variété mi-précoce très cultivée en Belgique et recommandée par le Ministère de l'Agriculture pour sa productivité excellente.

Cependant, pour cette variété, le Ministère de l'Agriculture ne conseille que la culture en plein air ou sous verre froid.

Par contre, il recommande la culture forcée de la variété « Champion » rentrant également dans le groupe Tuckswood.

A titre comparatif, nous avons effectué les 3e et 4e essais simultanément sur les deux variétés Tuckswood Kondine Red et Champion.

Choix des constantes.

A. *Intensité lumineuse.*

Roodenburg [8] signale que l'irradiation ne peut être efficace que si elle dépasse une puissance de 100 watts par m². Il conseille d'employer les lampes à décharge consommant 100 à 200 watts par m² [7].

Les expériences réalisées par M. Piquer [4] ont montré qu'une consommation horaire de 300 watts par m² permet d'avancer l'empotage d'une semaine.

Nous nous sommes donc tenu à la constante de 300 watts par m².

La méthode basée sur la constance de la consommation électrique nous a semblé préférable à celle qui consiste à adopter, comme constante, l'intensité lumineuse mesurée en lux.

La sensibilité de la cellule photoélectrique, comme celle de l'œil humain, est en effet tributaire de la longueur d'onde des rayons irradiés. La sensibilité maximum se situe dans les bandes verte et jaune du spectre.

Il n'est donc pas possible de comparer directement, sur la base du flux lumineux, des lampes de spectres différents.

B. *Photopériodicité.*

Les tomates sont par excellence des plantes exigeant de longues journées. Suivant Van der Linden [9], leurs boutons floraux ont besoin pour se former d'une durée de jour d'au moins 12 heures.

Reinhold et Lanckow [6] ont porté en diagramme les résultats de leurs expériences sur l'efficacité de l'éclairage artificiel, suivant les mois de l'année,

pour la culture de la tomate (diagramme nº 2). Ce diagramme donne, en fonction de la date d'ensemencement, l'époque de la plantation, du commencement et de la fin de la récolte suivant qu'on s'est servi ou non de l'appoint de l'éclairage artificiel. Nous y avons ajouté le diagramme de la durée moyenne des jours en Hollande d'après Reesinck.

Nous constatons que, pour la période d'ensemencement comprise entre avril et septembre, l'influence de l'éclairage artificiel ne se fait pratiquement pas sentir. Cette période correspond à une longueur moyenne de jour comprise approximativement entre 12 et 16 heures.

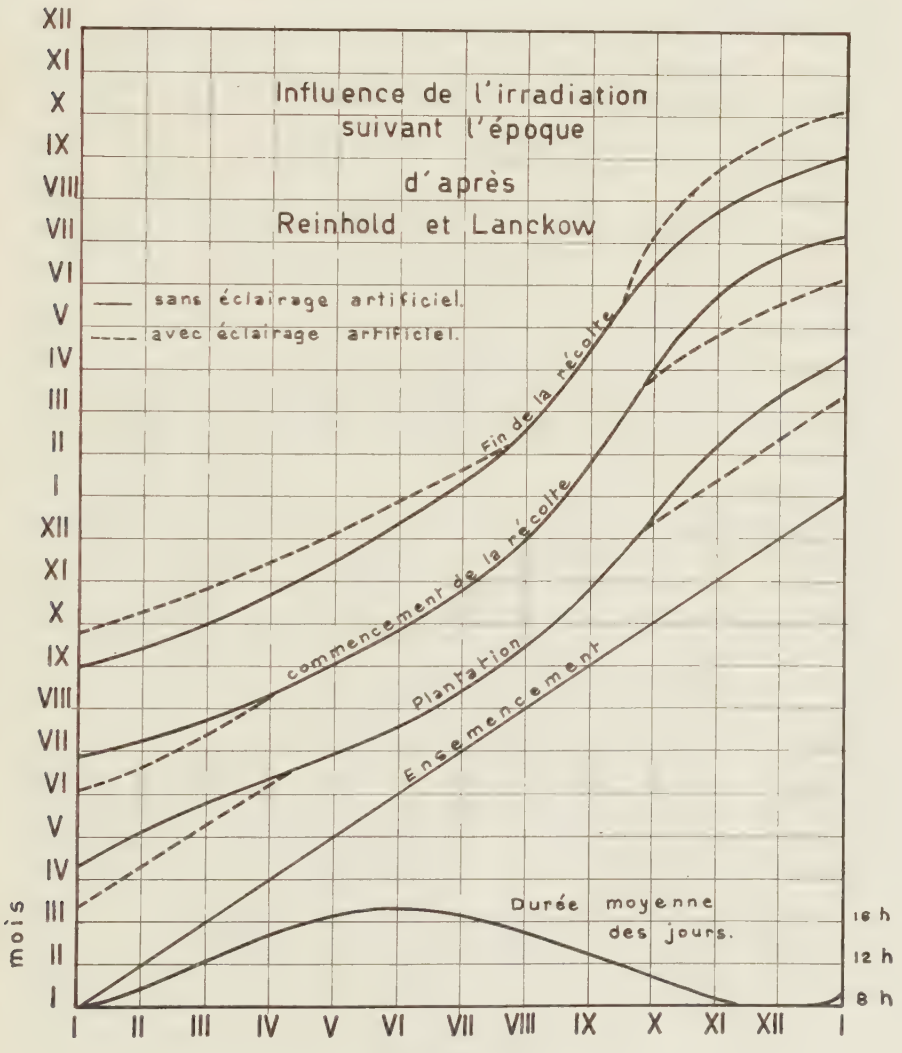


Diagramme nº 2.

Le gain de temps obtenu grâce à l'éclairage artificiel entre l'ensemencement et la plantation, ainsi qu'entre l'ensemencement et la récolte, suit sensiblement l'allure du diagramme de la longueur moyenne des jours avec un décalage de 6 mois.

Il était donc rationnel, pour nos essais comparatifs, de faire subir aux plantes un traitement de 16 heures d'irradiation suivies de 8 heures d'obscurité ininterrompue.

Cette photopériodicité a d'ailleurs été reconnue par Verkerk [10] comme la plus efficace. Cet auteur signale d'autre part qu'une irradiation de 18 heures est un maximum.

L'éclairage artificiel a été dispensé de 4 à 20 heures, compte tenu du fait, signalé par Reynders et Smeets [5], que la photosynthèse est maximum le matin. Cet horaire nous permettait de ne pas empiéter sur l'échange nocturne.

C. *Thermopériodicité.*

Il est actuellement acquis que la tomate appartient aux plantes qui subissent nettement l'influence de la thermopériodicité. Il est certain que la température est un facteur très important de son développement et de sa fructification.

Verkerk [10] a publié le résultat de ses expériences sur l'influence de la température nocturne. Cette étude permet d'affirmer qu'une température nocturne élevée assure la précocité de la récolte, mais, par contre, donne aux plantes une tige plus longue et plus fine, un système radiculaire plus petit, des feuilles plus fines, des bouquets plus petits, des fruits moins nombreux et moins gros.

Verkerk a effectué diverses expériences avec une température diurne de 23°C et une température nocturne de 22°, 17° et 11° C. Pour une température nocturne de 22° C, la récolte est hâtive mais nettement déficiente. Par contre, pour les températures de 17° et 11° C, les récoltes sont sensiblement de même importance, la première marquant toutefois une avance appréciable.

Pour ses expériences sur l'influence de la lumière, Verkerk a adopté la température diurne de 23° C et la température nocturne de 17° C.

Ce sont également ces températures que nous nous sommes efforcé de réaliser dans nos essais. Il n'était cependant pas possible de maintenir strictement dans la serre utilisée les températures fixées. Des écarts de deux ou trois degrés apparaissaient parfois sur le graphique d'allure sinusoïdale des thermomètres enregistreurs.

Ces écarts ne perturbent pas notre étude qui est avant tout comparative. Tous les échantillons étant placés dans les mêmes conditions, les résultats peuvent être comparés sans que les conditions optima de température soient réalisées.

* * *

Processus de culture.

Le processus de culture fut identique pour chaque essai.

Les graines, fournies par la firme Supergran de Malines, ont été mises en germination au germoir de Copenhague à la température de 22°C. Le repiquage a été effectué dans des caissettes en bois, de 4 à 5 jours après la mise en germination. Les plantules étaient espacées de 5 cm.

Nous avons employé des caissettes de dimensions intérieures suivantes : longueur = 45 cm, largeur = 36 cm, hauteur = 9 cm.

Chaque plantule disposait donc d'un volume de sol disponible de $5 \times 5 \times 9 = 225$ cm^3, ce qui dépassait fortement les besoins de son enracinement.

La disposition clairsemée adoptée présentait l'avantage de permettre aux plantules du centre de la caissette de recevoir autant de lumière que les plantules de la périphérie. D'autre part, au moment des prélèvements hebdomadaires, il était possible d'extraire les échantillons sans déranger les plantules voisines.

Le terreau utilisé comprenait : une partie de terreau de feuilles et une partie de compost.

Dès le début de la levée, les caissettes ont été disposées sous les diverses sources lumineuses étudiées. Un lot de caissettes contenant des plantes réservées comme témoins était uniquement soumis à la lumière naturelle.

L'empotage a été effectué dans des pots en terre cuite de 9 cm de diamètre assurant à chaque plante un volume de sol exploitable de 170 cm^3 environ.

Le terreau employé était identique à celui que nous avons utilisé pour les caissettes.

Les pots disposés jointivement sous les lampes au début de l'empotage ont été espacés progressivement au fur et à mesure des prélèvements de façon à permettre le libre développement de la partie aérienne ainsi qu'un éclairage et une aération plus uniformes.

La plantation a été faite dès que le feutrage des racines a été constaté au cours des prélèvements.

Pour les 1er, 2^e et 4^e essais, nous avons planté en tablettes dans les serres chauffées de la Station de Recherche de Grand-Manil et cultivé sur quatre bouquets. Pour le 3^e essai, ne disposant à Grand-Manil que d'une serre chaude carrelée, nous avons dû avoir recours à la culture en pots de 22 cm enfouis dans la tourbe maintenue humide. La culture a été faite sur deux bouquets.

Le sol des tablettes était constitué de bonne terre de jardin et de fumier ; le sol des pots d'une partie de terreau de gazon, une partie de terreau de fumier et une partie de compost.

En vue d'éviter que certains lots soient avantagés ou désavantagés par les conditions microclimatiques, nous avons pris soin de ne pas grouper toutes les plantes d'un même lot, mais de disposer les plantes de chaque lot par groupe de deux se répétant dans un ordre déterminé.

Disposition des sources d'irradiation.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, les lampes ont été placées de telle façon que la consommation électrique par m² de surface irradiée soit de 300 watts.

Ceci nous a conduit à adopter les dispositions suivantes :

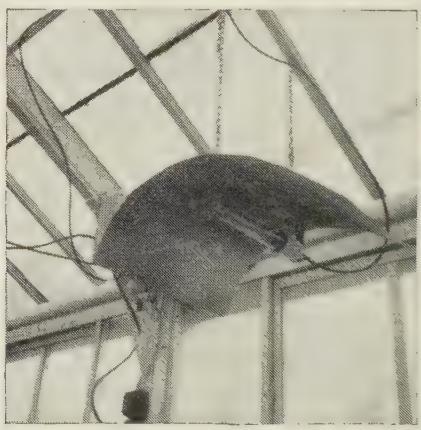
Lampe HO 450.

Consommation de la lampe	: 450 watts
Consommation des accessoires	: 25 watts
Total	475 watts

Surface à irradier : 1,58 m².

La lampe a dû être suspendue à une hauteur de 0,80 m au dessus du niveau des caissettes.

Nous avons réalisé un réflecteur en tôle de forme cylindrique. L'intensité lumineuse mesurée à hauteur des caissettes après 100 heures de fonctionnement était de l'ordre de 4000 lux.



lampe HO

Lampe HPL.

Consommation de la lampe	: 250 watts
Consommation des accessoires	: 15 watts
Total	265 watts

Surface à irradier : 0,88 m².

La lampe a dû être suspendue à une hauteur de 0,65 m au dessus du niveau des caissettes.

Nous avons utilisé le réflecteur fourni avec la lampe. L'intensité lumineuse mesurée à hauteur des caissettes après 100 heures de fonctionnement était de l'ordre de 7000 lux.

lampe HPL

Lampes TL 32, TL 34 et Phytor.

Les tubes luminescents de 40 watts ont été assemblés par groupe de 6.

Consommation d'un groupe	: 240 watts
Consommation des accessoires :	54 watts
Total	294 watts

TL 32 — TL 34 — Phytor

Surface à irradier : 0,98 m².

Les groupes de 6 tubes ont dû être suspendus à une hauteur de 0,40 m au-dessus du niveau des caissettes. Comme réflecteur, nous avons disposé au-dessus de chaque tube, une fine latte peinte en blanc. L'intensité lumineuse mesurée à hauteur des caissettes après 100 heures de fonctionnement était de l'ordre de 6000 lux pour les lampes TL 32 et Phytor et de l'ordre de 7000 lux pour les lampes TL 34.

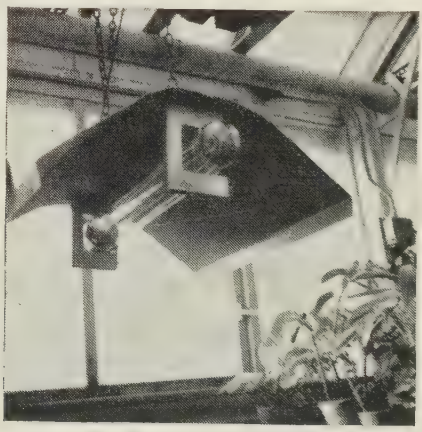
Lampe SO.

Consommation de la lampe	: 140 watts
Consommation des accessoires	: 24 watts
Total	164 watts

Surface à irradier : 0,55 m².

La lampe a dû être suspendue à une hauteur de 0,35 m au dessus du niveau des caissettes.

Comme pour la lampe HO nous avons fabriqué un réflecteur en tôle de forme cylindrique. L'intensité lumineuse à hauteur des caissettes après 100 heures de fonctionnement était de l'ordre de 10.000 lux.



Sodium

Pour tous les types de lampe, l'éclairage a été commandé par des horloges à contact. Le contact était établi à 4 heures et était coupé à 20 heures assurant ainsi une irradiation continue de 16 heures.

Nous avons cependant pris la précaution de décaler le contact des diverses lampes de quelques minutes afin d'éviter un ampérage trop fort au moment de l'amorçage.

Pour diminuer l'interférence de la lumière émise par les différentes sources d'irradiation, nous avons espacé les lampes dans la mesure du possible, compte tenu de la place dont nous disposions. De plus, en période nocturne, nous avons déroulé des stores en plastic noir opaque entre les sources de lumière. Ces stores descendaient jusqu'au niveau de la tourbe qui recouvrait les tablettes supportant les caissettes.

Les lampes ont été montées sur des systèmes à contrepoids de manière à faciliter l'arrosage.

Avant d'être utilisées à l'irradiation des plantes, toutes les lampes installées dans la serre avaient fonctionné 100 heures.

Pendant cette période, l'intensité lumineuse a été mesurée à hauteur des caissettes, après 36, 76 et 100 heures de fonctionnement.

Ensuite, les mesures ont été faites à l'occasion de chaque prélèvement.

Les intensités lumineuses mesurées après 100 heures et à la fin des essais d'irradiation, soit après 938 heures de fonctionnement, montrent une chute comprise entre 600 et 800 lux pour les lampes HPL, TL 34 et Phytor, tandis que la lampe HO conserve pratiquement la même valeur.

On peut cependant conclure que tous les types de lampe essayés peuvent être utilisés, sans perte de rendement sensible, pendant mille heures au moins.

Résultats des essais.

Comparaison quantitative des résultats.

Au point de vue qualitatif, tous les résultats obtenus sont probants. On ne peut attribuer au seul jeu du hasard pareille concordance. Toutefois, il nous paraît intéressant de contrôler, selon les règles du calcul des probabilités, l'importance que le hasard peut avoir dans les résultats obtenus.

Ce contrôle devient nécessaire si nous envisageons de comparer entre elles les efficacités des lampes utilisées. Certaines divergences portées dans les diagrammes qui suivent, sont en effet peu prononcées.

On ne peut négliger a priori l'influence de l'échantillonnage. Il faut noter en effet :

1° que les échantillons prélevés étaient d'effectif forcément réduit. Les essais ont été réalisés au moyen de 10 échantillons par type de lampe, ce qui est un effectif très faible.

2° que les résultats obtenus sont parfois discordants.

3° que si la classification est nette pour certaines lampes, elle est beaucoup moins évidente pour d'autres lampes.

Nous testerons les divers traitements en comparant entre elles les moyennes des résultats obtenus aux mêmes dates.

Processus des prélèvements.

Pour chaque essai, les prélèvements ont été faits à une semaine d'intervalle et de manière identique.

A l'aide d'un petit bâtonnet, les plantes étaient déterrées délicatement. La friabilité du terreau permettait d'extraire pratiquement l'enracinement complet.

Les racines étaient débarrassées des particules de terre adhérentes. Cette opération, effectuée avec soin au moyen d'un pinceau souple et doux, ne détruisait pas les racines ténues.

Ensuite les racines étaient épongées délicatement entre deux papiers filtres.

La plantule entière était placée rapidement dans une conserve hermétique, numérotée et tarée, pour éviter les pertes de poids par évaporation.

La détermination du poids des plantes a été faite en soustrayant du poids de la conserve contenant la plante, le poids de la conserve vide.

Nous avons employé deux types de conserve différents. Pour les deux premiers essais, les conserves étaient en verre à bords rodés à l'émeri. Pour les 3e et 4e essais nous avons préféré employer des conserves plus légères en aluminium et à couvercle à visser.

Étant donné le faible poids des plantes par rapport au poids des conserves, la réduction du poids de celles-ci a certainement réduit l'imprécision des pesées.

Pour la détermination du poids sec, les conserves étaient disposées dans une étuve à 110° C. Après 48 heures, les conserves étaient retirées rapidement, fermées et placées dans un exsiccateur à silicagel.

Après 20 minutes de refroidissement, les conserves avec leur contenu étaient pesées pour déterminer le poids sec des plantes.

Toutes les pesées ont été effectuées sur la même balance.

* * *

Ier ESSAI.

Traitements sous les lampes HO, HPL, TL 32, TL 34 et Phytor de tomates de la variété « Tuckswood Kondine Red ».

Phases de la culture.

Semis au germoir de Copenhague à 22° C	7 janvier 1957
Repiquage en caissettes	12 janvier 1957
Début de la levée	14 janvier 1957
Début de l'illumination	15 janvier 1957
Empotage des plantes illuminées	4 février 1957
Empotage des plantes témoins	18 février 1957

Cours du développement des plantes en élevage.

Nombre de jours depuis le semis	Traitements						
	Dates	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	Témoins
14	21/1/57	cotylédons	cotylédons	cotylédons	cotylédons	cotylédons	cotylédons
21	28/1/57	2 feuilles	2 feuilles	2 feuilles	2 feuilles	1 feuille	cotylédons
28	4/2/57	4 feuilles	début 5 f.	début 5 f.	début 5 f.	début 4 f.	2 feuilles
35	11/2/57	début 5 f.	début 6 f.	début 6 f.	début 6 f.	début 5 f.	début 3 f.
42	18/2/57	début 6 f.	début 7 f.	début 7 f.	début 7 f.	début 7 f.	4 feuilles
49	25/2/57	début 8 f.	début 9 f.	début 9 f.	début 9 f.	début 9 f.	début 5 f:
56	4/3/57	début 9 f.	10 feuilles	début 11 f.	début 12 f.	10 feuilles	début 7 f.
63	11/3/57	début 11 f.	11 feuilles 2e bouquet	11 feuilles 2e bouquet	12 feuilles 2e bouquet	11 feuilles 1er bouquet	7 feuilles
70	18/3/57	début 12 f.	début 13 f.	début 13 f.	début 13 f.	début 13 f.	7 feuilles
77	25/3/57	début 13 f.	déb. 3e bouq.	déb. 3e bouq.	3e bouquet	3e bouquet	début 8 f.
84	1/4/57	13 feuilles bouquet + 1 f.	4 bouquets	4 bouquets	déb. 4 bouq.	déb. 4 bouq.	début 9 f.
91	8/4/57	déb. 2e bouq.	déb. 6e bouq.	déb. 5e bouq.	déb. 5e bouq.	déb. 5e bouq.	1er bouquet

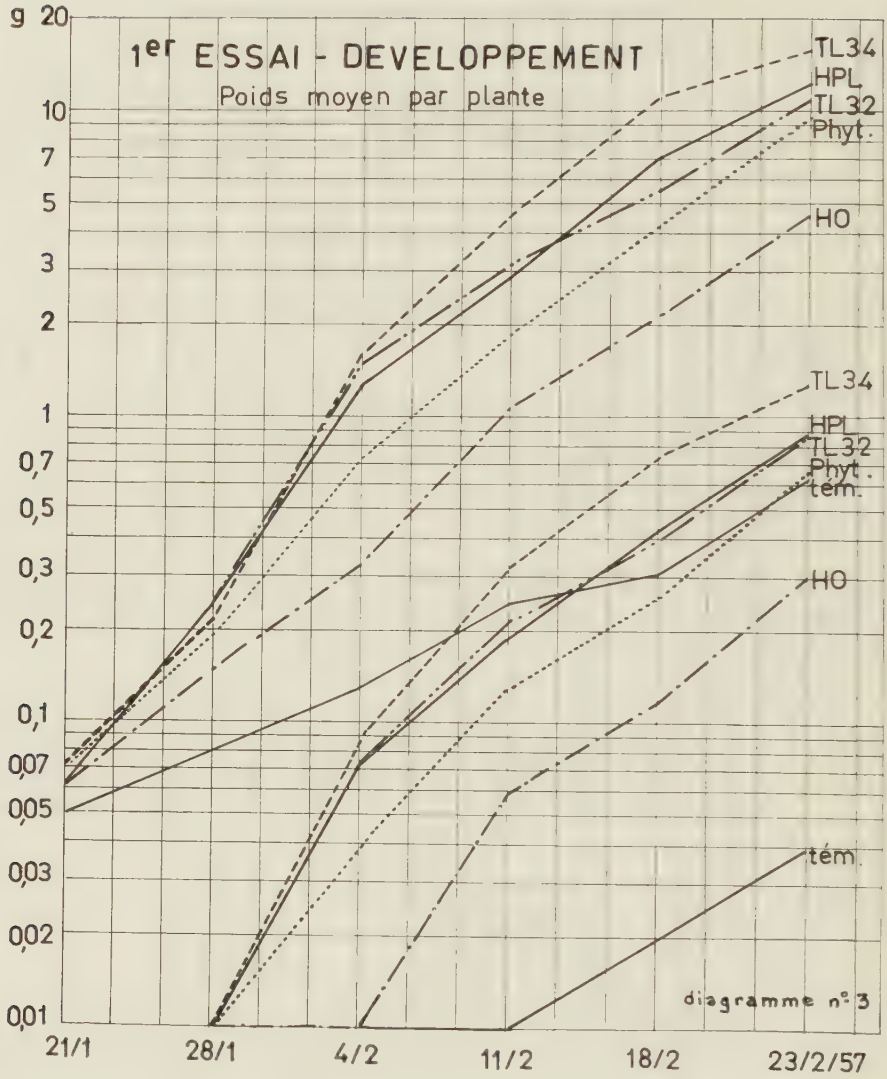


Diagramme n° 3.

1er *essai.*

Développement des plantes. Poids frais et poids secs.
Variété « Tuckswood Kondine Red ».

Semis	7 janvier 1957
Repiquage	12 janvier 1957
Début de l'illumination	15 janvier 1957
Empotage des plantes illuminées	4 février 1957
Empotage des plantes témoins	18 février 1957

Plantation en tablettes dans les serres de Grand-Manil de 24 plants de chacun des lots éclairés par les lampes HPL, TL 32, TL 34, et Phytor ainsi que de 24 plantes témoins. 22 février 1957

Récolte : lot HPL : du 29 mai au 1er juillet 1957
lot TL 32 : du 29 mai au 1er juillet 1957
lot TL 34 : du 29 mai au 1er juillet 1957
lot Phytor : du 3 juin au 1er juillet 1957
Témoins : du 17 juin au 18 juillet 1957

Interprétation des résultats obtenus dans la croissance des plantes (diagramme nº 3).

L'efficacité de l'irradiation se manifeste très rapidement. Dès le sixième jour d'irradiation, les plantes témoins accusent en poids frais un retard significatif.

Il apparaît également que la lampe HO 450 est la moins efficace.

Par contre, les valeurs respectives des autres lampes ne se différencient que plus tard.

A partir du vingtième jour d'irradiation, il semble que les lampes HPL, TL 32 et TL 34 surclassent les lampes Phytor. La différence n'est toutefois pas toujours significative.

Au trente-quatrième jour d'irradiation, la lampe TL 34 se détache de manière significative. On peut donc admettre que pour l'essai en cause, elle a été la plus efficace.

Au quarante-et-unième jour d'irradiation, le poids frais moyen des plantes traitées par TL 34 est environ vingt-cinq fois plus élevé que le poids frais moyen des plantes témoins. Le poids sec moyen des plantes traitées par TL 34 est environ trente-trois fois plus élevé que le poids sec des plantes témoins.

Récolte du 1er essai.

Tableau du poids de tomates récolté en moyenne par plante, poids exprimé en kilogrammes.

Date de la récolte	Traitements				
	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	Témoins
29/5/57	0,090	0,002	0,008	—	—
3/6/57	0,200	0,070	0,074	0,074	—
6/6/57	0,208	0,306	0,122	0,158	—
11/6/57	0,856	1,046	0,653	0,736	—
14/6/57	0,632	0,540	0,669	0,510	—
17/6/57	0,699	0,446	0,514	0,504	0,111
20/6/57	0,200	0,366	0,423	0,427	0,291
24/6/57	0,289	0,337	0,672	0,493	0,610
27/6/57	0,114	0,074	0,131	0,244	0,472
1/7/57	0,147	0,201	0,153	0,286	0,186
1/7/57 (vertes)	0,116	0,263	0,198	0,248	—
4/7/57	—	—	—	—	0,318
8/7/57	—	—	—	—	0,215
11/7/57	—	—	—	—	0,101
18/7/57	—	—	—	—	0,036
18/7/57 (vertes)	—	—	—	—	0,107
Totaux	3,551	3,651	3,617	3,680	2,447

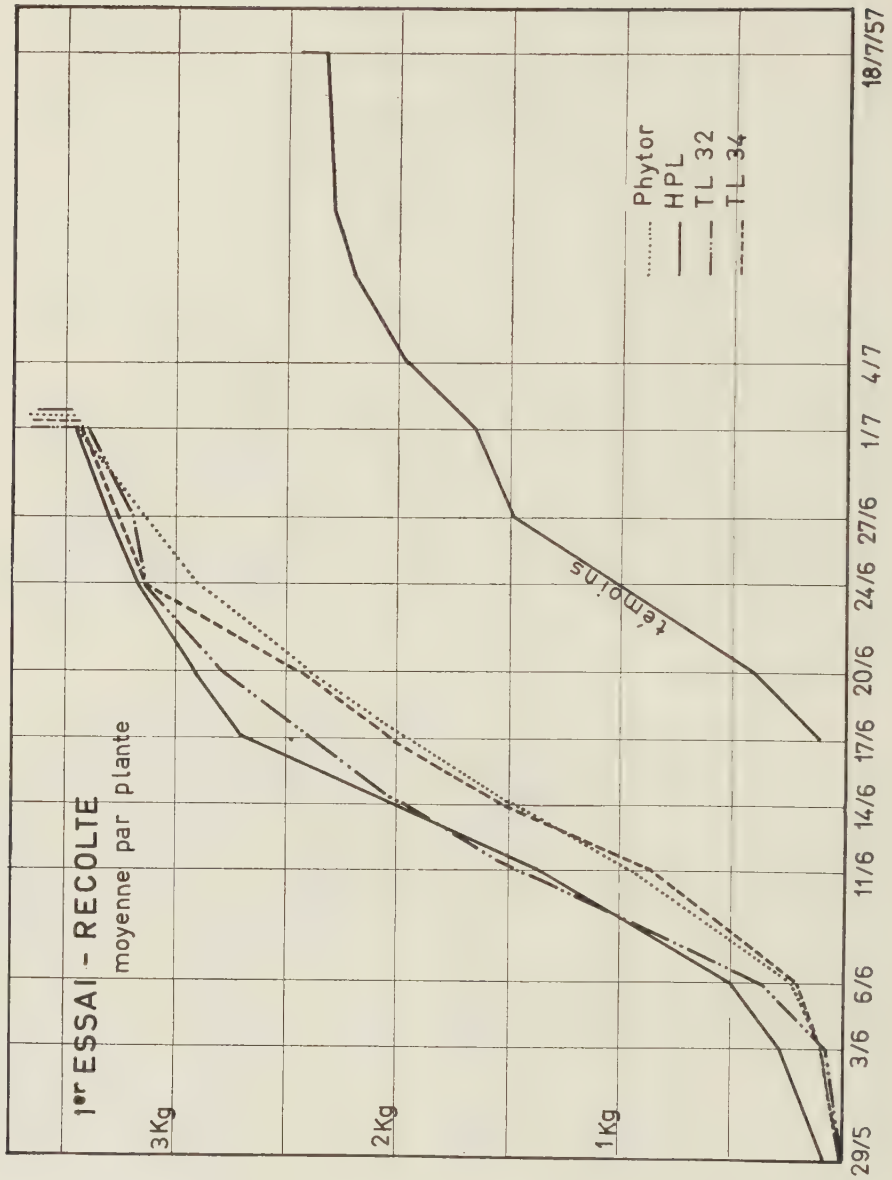


Diagramme n° 4.

Récolte du 1er essai.

La récolte des plantes illuminées peut être considérée comme pratiquement équivalente pour tous les traitements.

Remarquons que la lampe TL 34 qui se classait en tête pour la croissance des plantes, ne vient qu'en troisième position pour l'ampleur de la récolte et que la lampe Phytor

qui était surclassée par les lampes TL 34, TL 32, et HPL, donne une récolte plus abondante.

Les valeurs totales moyennes par plante se différencient trop peu pour qu'on puisse se hasarder à tirer des conclusions définitives.

En ce qui concerne la précocité de la récolte, c'est la lampe HPL qui paraît la meilleure. Les plantes soumises à l'illumination des lampes Phytor, accusent un léger retard par rapport aux plantes cultivées sous les autres lampes.

Ici encore, il serait téméraire de tirer des conclusions.

2e ESSAI.

Traitement sous les lampes HPL, TL 34 et Phytor de tomates de la variété « Tuckswood Kondine Red ».

Phases de la culture.

Semis au germoir de Copenhague	1 février 1957
Repiquage	5 février 1957
Début de l'illumination	7 février 1957
Empotage des plantes illuminées et des plantes témoins	7 mars 1957
Plantation en tablettes dans les serres de Grand-Manil de dix plants de chacun des lots éclairés et de dix plantes témoins	25 mars 1957
Récolte : lot HPL	: du 14 juin au 18 juillet 1957
lot TL 34	: du 14 juin au 18 juillet 1957
lot Phytor	: du 14 juin au 18 juillet 1957
Témoins	: du 17 juin au 18 juillet 1957

Étant donné que la serre n'était plus disponible le 18 juillet, les tomates vertes restant sur les plantes ont été cueillies. Ces tomates avaient atteint leur développement normal.

Cours du développement des plantes en élevage.

Nombre de jours depuis le semis	Dates	HPL	TL 34	Phytor	Témoins
17	18/2/57	2 feuilles	2 feuilles	2 feuilles	1 feuille
24	25/2/57	début 4e f.	début 4e f.	début 4e f.	2 feuilles
31	4/3/57	début 5e f.	début 5e f.	début 5e f.	4 feuilles
38	11/3/57	début 7e f.	7 feuilles	début 8e f.	5 feuilles
45	18/3/57	7 feuilles	début 8e f.	8 feuilles	5 feuilles
52	25/3/57	début 8e f.	début 9e f.	début 9e f.	début 6e f.
59	1/4/57	début 9e f. 1er bouq.	9 feuilles 1er bouq.	9 feuilles 1er bouq.	début 7e f.
66	8/4/57	début 2e b.	début 2e b.	début 3e b.	début 1e b.

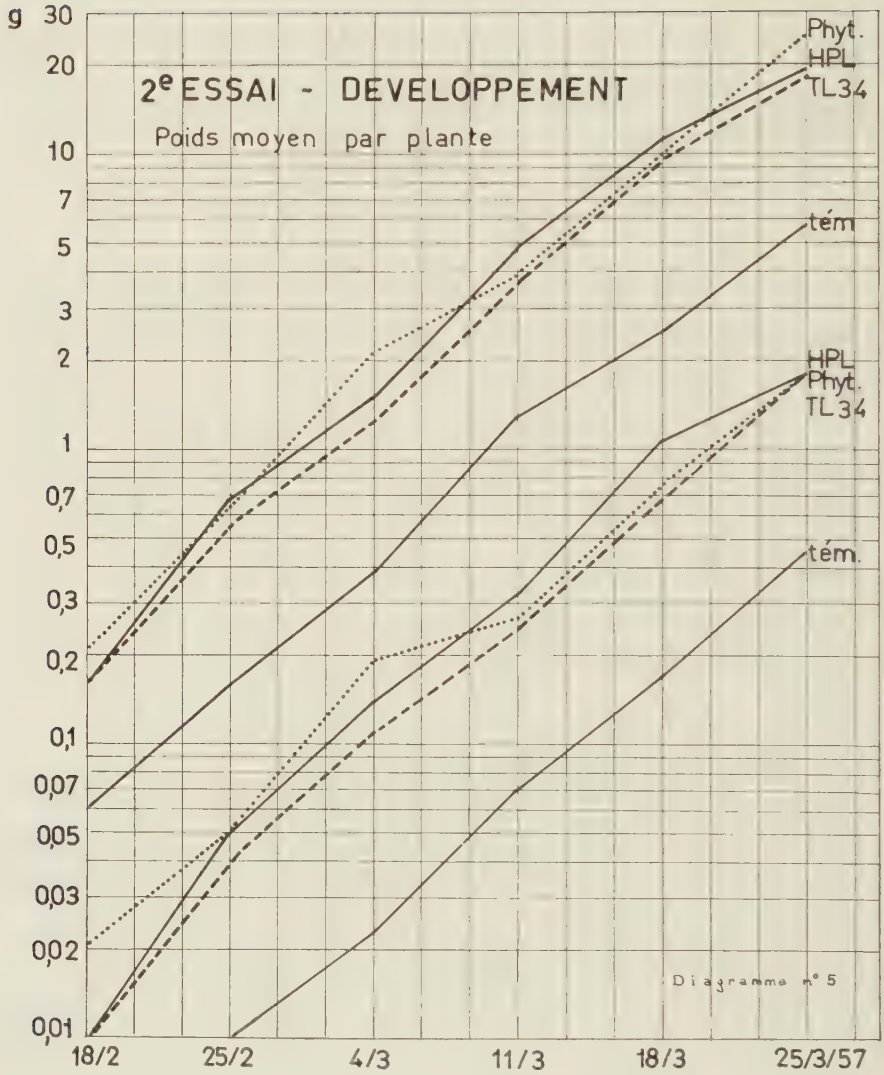


DIAGRAMME Nº 5.

2e *essai.*

Développement des plantes. Poids frais et poids secs.
Variété « Tuckswood Kondine Red ».

Semis	1 février 1957
Repiquage	5 février 1957
Début de l'illumination	7 février 1957
Empotage des plantes illuminées et des plantes témoins	7 mars 1957

Interprétation des résultats obtenus dans la croissance des plantes (diagramme nº 5).

Dès le premier prélèvement, onze jours après le début de l'irradiation, les plantes témoins accusent un retard hautement significatif.

Cependant, la différence entre le poids des plantes témoins et le poids des plantes irradiées n'a pas atteint la même ampleur qu'au premier essai.

Au cinquante-deuxième jour d'irradiation, le poids frais moyen des plantes traitées par les lampes Phytor n'est plus que cinq fois environ plus élevé que le poids frais moyen des plantes témoins, tandis que le poids sec moyen des mêmes plantes n'est plus que six fois environ plus élevé que le poids sec moyen des plantes témoins.

La saison étant plus avancée, l'amélioration des conditions climatériques extérieures a diminué l'importance relative de l'irradiation.

Les mêmes circonstances expliquent que les valeurs des lampes n'ont pu se différencier significativement.

Récolte du second essai.

Tableau du poids de tomates récolté en moyenne par plante, poids exprimé en kilogrammes.

Date de la récolte	Traitements			
	HPL	TL 34	Phytor	Témoins
14/6/57	0,041	0,019	0,011	—
17/6/57	0,066	0,260	0,047	0,170
20/6/57	0,089	0,153	0,104	0,111
24/6/57	0,855	1,083	0,719	0,666
27/6/57	0,593	0,595	0,470	0,231
1/7/57	0,473	0,352	0,304	0,053
4/7/57	0,449	0,213	0,357	0,512
8/7/57	0,302	0,534	0,220	0,442
11/7/57	0,380	0,305	0,174	0,492
15/7/57	0,175	0,124	0,167	0,290
18/7/57	0,201	0,095	0,340	0,106
18/7/57 (vertes)	0,148	0,039	0,064	0,293
Totaux	3,772	3,772	2,977	3,366

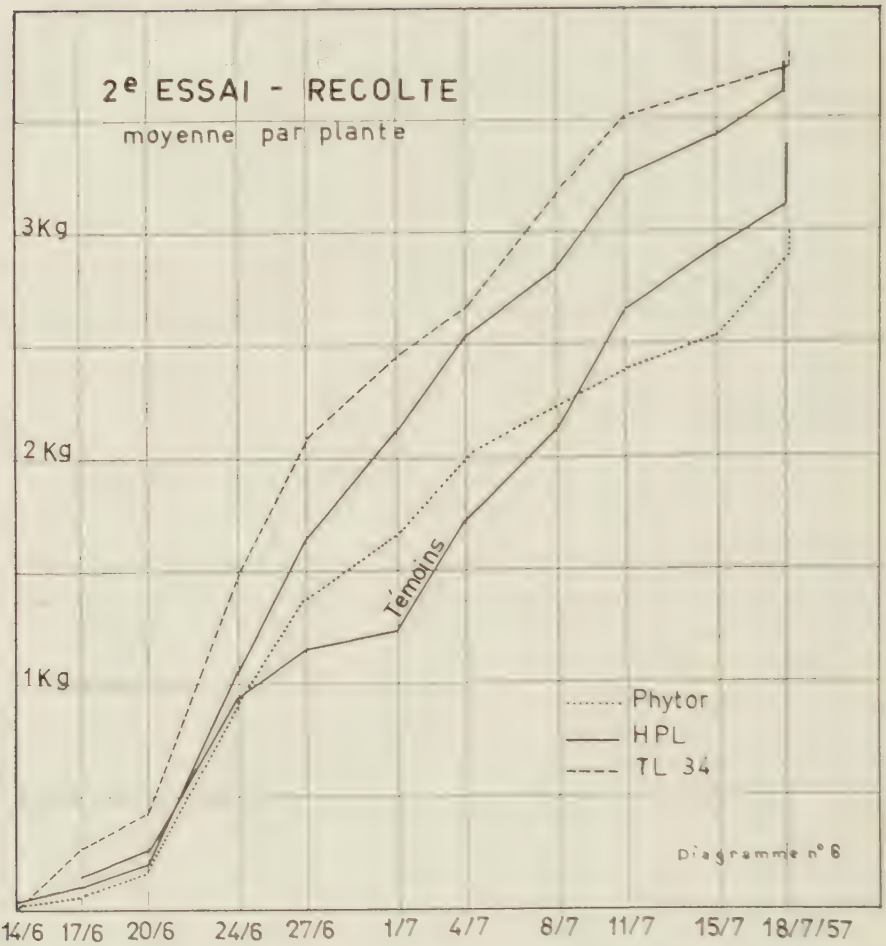


DIAGRAMME N° 6.

Récolte du second essai.

Nous avons constaté au premier essai, que la lampe TL 34, qui surclassait les autres au point de vue de la croissance des plantes, ne donnait pas la meilleure récolte.

Au second essai et d'une manière plus nette, la lampe Phytor, qui s'est classée en tête sans être cependant significativement supérieure aux autres, a donné la moins bonne récolte.

Il paraît s'affirmer que l'importance du poids des plantes au moment de la plantation n'est pas une garantie de récolte abondante.

En ce qui concerne la précocité de la récolte, c'est cette fois la lampe TL 34 qui paraît la meilleure.

* * *

3e ESSAI.

Traitements sous les lampes HO, HPL, TL 32, TL 34 et Phytor, de tomates des variétés « Tuckswood Kondine Red » et « Champion ».

Phases de la culture.

Semis au germoir de Copenhague à 22° C	14 novembre 1957
Repiquage en caissettes	19 novembre 1957
Début de levée	21 novembre 1957
Début de l'illumination	21 novembre 1957
Empotage des plantes illuminées par les lampes HPL, TL 32, TL 34 et Phytor	11 décembre 1957
Empotage des plantes illuminées par les lampes HO 450	16 décembre 1957
Plantation en pots dans les serres de Grand-Manil, de 20 plantes de chacun des lots éclairés par les lampes HPL TL 32, TL 24 et Phytor	30 décembre 1957
Empotage des plantes témoins	7 janvier 1958
Plantation en pots dans les serres de Grand-Manil de 20 plantes du lot éclairé par HO 450	8 janvier 1958
Plantation en pots dans les serres de Grand-Manil de 20 plantes témoins	27 janvier 1958

Récolte : variétés « Tuckswood Kondine Red » et « Champion »

Lot HO	du 18 avril au 23 mai 1958
Lot HPL	du 18 avril au 23 mai 1958
Lot TL 32	du 18 avril au 23 mai 1958
Lot TL 34	du 18 avril au 23 mai 1958
Lot Phytor	du 18 avril au 23 mai 1958
Témoins	du 23 mai au 7 août 1958

Cours du développement des plantes en élevage.

Le cours du développement des plantes fut identique pour les deux variétés.

Cours du développement des plantes en élevage.

Nombre de jours depuis le semis	Traitements.						
	Dates	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	Témoins
12	26/11/57	cotylédons	début 1 f.	cotylédons	début 1 f.	début 1 f.	cotylédons
15	29/11/57	1 feuille	début 2 f.	début 2 f.	début 2 f.	début 2 f.	cotylédons
18	2/12/57	début 2 f.	2 feuilles	2 feuilles	début 3 f.	2 feuilles	début 1 f.
25	9/12/57	début 3 f.	début 5 f.	5 feuilles	4 feuilles	4 feuilles	1 feuille
32	16/12/57	4 feuilles	5 feuilles	début 5 f.	début 5 f.	début 5 f.	2 feuilles
39	25/12/57	début 5 f.	début 8 f.	début 8 f.	7 feuilles	début 6 f.	début 3 f.
46	30/12/57	début 7 f.	début 9 f.	début 10 f.	9 feuilles	début 9 f.	3 feuilles
53	6/1/58	8 feuilles	9 feuilles bouquet + 1 feuille	10 feuilles bouquet + 1 feuille	10 feuilles bouquet + 1 feuille	9 feuilles bouquet + 1 feuille	début 5 f.
60	13/1/58	10 feuilles					5 feuilles
67	20/1/58	11 feuilles					5 feuilles
74	27/1/58	11 feuilles + bouquet					6 feuilles
81	3/2/58						début 8 f

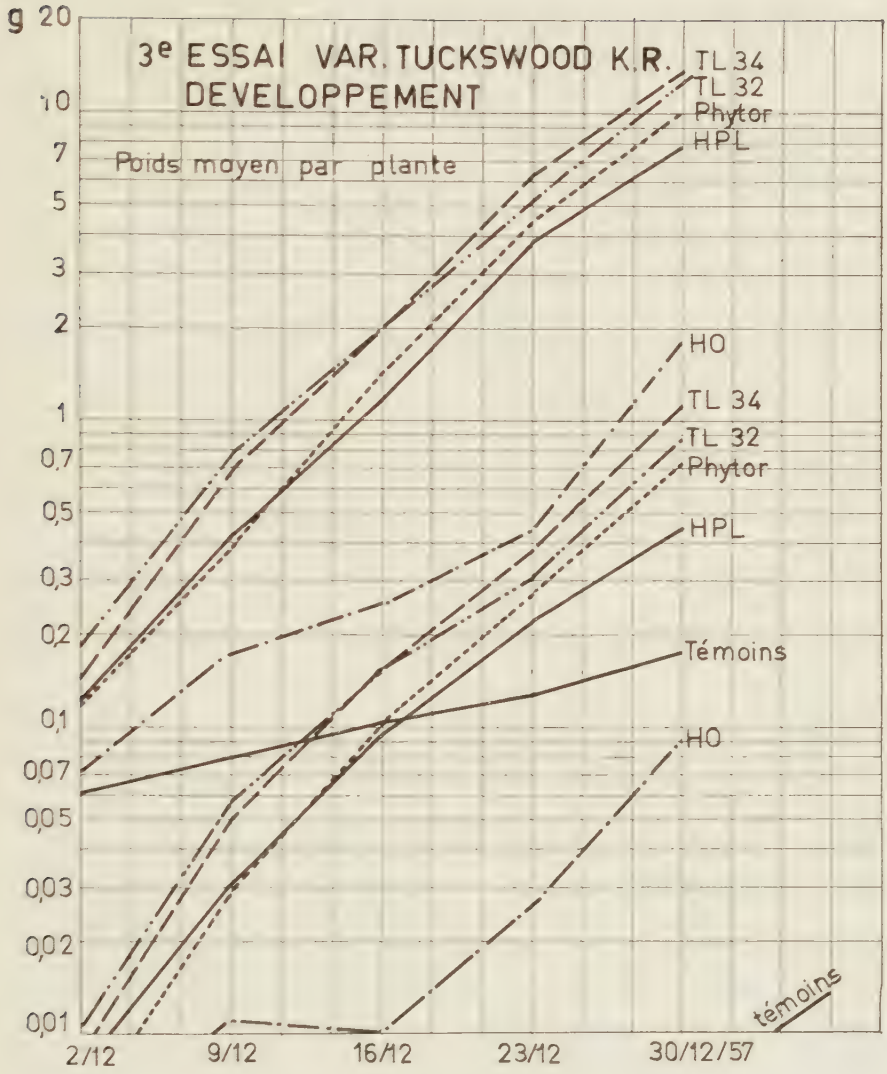


Diagramme n° 7.

3e essai.

Développement des plantes. Poids frais et poids secs.
Variété « Tuckswood Kondine Red ».

Semis	14 novembre 1957
Repiquage	19 novembre 1957
Début de l'illumination	21 novembre 1957
Empotage des plantes illuminées par les lampes HPL, TL 32, TL 34 et Phytor	11 décembre 1957
Empotage des plantes illuminées par les lampes HO 450	16 décembre 1957

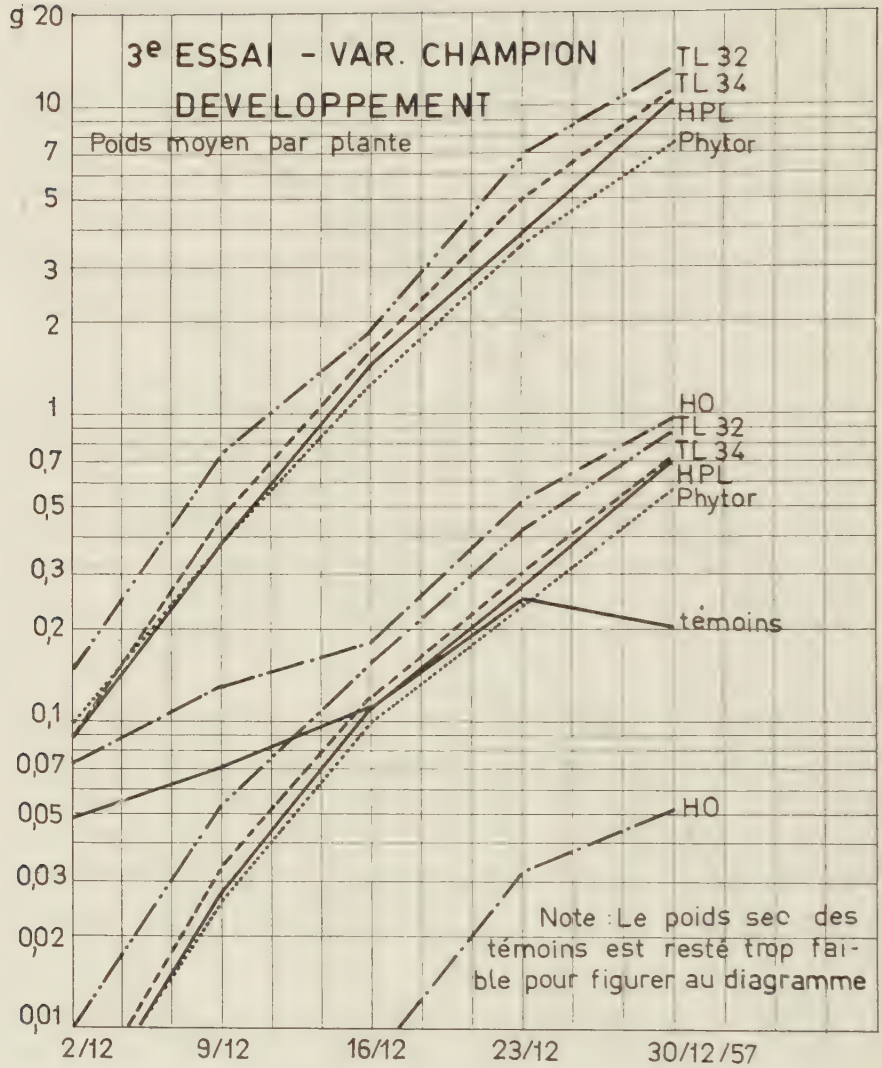


Diagramme nº 8.

3e *essai.*

Développement des plantes. Poids frais et poids secs.
Variété « Champion ».

Semis	14 novembre 1957
Repiquage	19 novembre 1957
Début de l'illumination	21 novembre 1957
Empotage des plantes illuminées par les lampes HPL, TL 32, TL 34 et Phytor	11 décembre 1957
Empotage des plantes illuminées par les lampes HO 450	16 décembre 1957

Récolte du troisième essai.

Tableau du poids de tomates récolté en moyenne par plante, poids exprimé en kilogrammes.

Variété « Tuckswood Kondine Red ».

Date de la récolte	Traitements					
	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	Témoins
18/4/58	0,004	0,006	0,019	0,023	0,018	—
24/4/58	0,017	0,053	0,072	0,096	0,044	—
2/5/58	0,125	0,154	0,173	0,207	0,202	—
8/5/58	0,211	0,148	0,112	0,102	0,145	
14/5/58	0,085	0,055	0,038	0,049	0,048	
23/5/58	0,060	0,090	0,071	0,019	0,072	0,039
23/5/58 (vertes)	0,059	0,061	0,091	0,061	0,097	—
5/6/58	—	—	—	—	—	0,076
13/6/58	—	—	—	—	—	0,211
16/6/58	—	—	—	—	—	0,055
20/6/58	—	—	—	—	—	0,014
26/6/58	—	—	—	—	—	0,024
30/6/58	—	—	—	—	—	0,093
4/7/58	—	—	—	—	—	0,028
10/7/58	—	—	—	—	—	0,027
22/7/58	—	—	—	—	—	0,028
7/8/58	—	—	—	—	—	0,266
Totaux	0,561	0,567	0,576	0,557	0,626	0,795

Variété « Champion ».

Date de la récolte	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	Témoins
18/4/58	0,005	0,007	0,010	0,026	0,011	—
24/4/58	0,052	0,047	0,055	0,085	0,035	—
2/5/58	0,092	0,196	0,201	0,197	0,128	—
8/5/58	0,124	0,096	0,074	0,107	0,108	—
14/5/58	0,109	0,049	0,062	0,049	0,116	—
23/5/58	0,058	0,028	0,040	0,042	0,060	0,040
23/5/58 (vertes)	0,070	0,092	0,073	0,060	0,105	—
5/6/58	—	—	—	—	—	0,061
13/6/58	—	—	—	—	—	0,253
16/6/58	—	—	—	—	—	0,061
20/6/58	—	—	—	—	—	0,018
26/6/58	—	—	—	—	—	0,021
30/6/58	—	—	—	—	—	0,098
4/7/58	—	—	—	—	—	0,011
10/7/58	—	—	—	—	—	0,018
22/7/58	—	—	—	—	—	0,057
7/8/58	—	—	—	—	—	0,170
Totaux	0,510	0,515	0,515	0,566	0,563	0,808

Interprétation des résultats obtenus dans la croissance des plantes (diagramme n° 7).

Bien que la différence ne soit pas toujours significative, on peut admettre que les lampes TL 34 sont plus efficaces que les lampes TL 32, HPL, Phytor et HO, ce qui confirme les résultats obtenus au premier essai.

Les lampes HO 450 sont de nouveau et de beaucoup les moins efficaces.

Par contre, les autres lampes se classent dans l'ordre : TL 32, Phytor et HPL tandis que pour le premier essai, elles se classaient dans l'ordre : HPL, TL 32 et Phytor. Cependant, les différences sont rarement significatives.

Le semis ayant été fait près de deux mois plus tôt que celui du premier essai, le retard des plantes témoins par rapport aux plantes ayant subi des traitements sous lampes est encore plus marqué.

Après trente-neuf jours d'illumination, le poids frais moyen des plantes traitées sous lampes TL 34 est environ quatre-vingt fois plus élevé que le poids frais moyen des plantes témoins. Le poids sec moyen des plantes traitées sous les lampes TL 34 est environ deux cents fois plus élevé que le poids sec des plantes témoins.

Interprétation des résultats obtenus dans la croissance des plantes (diagramme n° 8).

Pour cette variété, ce sont les lampes TL 32 qui se classent en tête, bien que la différence avec les lampes TL 34 soit rarement significative. De même, contrairement à ce qui s'est produit pour la variété Tuckswood Kondine Red, les lampes HPL paraissent préférables aux lampes Phytor.

Après trente-neuf jours d'illumination, le poids frais moyen et le poids sec moyen atteints par les plantes de la variété Champion, traitées sous les lampes TL 32, sont inférieurs aux poids frais et secs moyens atteints par les plantes de la variété Tuckswood Kondine Red traitées sous les lampes TL 34. Cependant les différences sont trop peu sensibles, pour qu'on puisse affirmer que les plantes de la variété Tuckswood Kondine Red se cultivent mieux sous la lumière artificielle.

Récolte du troisième essai.

La culture en pots sur deux bouquets a donné, évidemment, une récolte moins abondante que celle qui a été obtenue aux essais précédents, où la plantation a été faite en tablettes et la culture sur quatre bouquets.

Les plantes du troisième essai n'ont en effet à leur disposition que les éléments nutritifs contenus dans les pots. La récolte s'en est fortement ressentie.

Si l'irradiation a hâté la récolte, elle a eu un effet très défavorable sur son abondance, si nous la comparons à celle des plantes témoins. La remarque est valable pour les deux variétés.

En ce qui concerne la variété « Tuckswood Kondine Red », ce sont les plantes irradiées par les lampes Phytor qui ont donné la récolte la moins médiocre. Les autres plantes irradiées ont donné une récolte pratiquement équivalente.

En ce qui concerne la variété Champion, il n'existe, au point de vue quantitatif, aucune différence sensible entre la récolte de chacun des lots irradiés.

Pour les deux variétés, c'est la lampe TL 34 qui s'est révélée la meilleure quant à la précocité de la récolte. Ce fait se dégage mieux de la lecture du diagramme que du tableau.

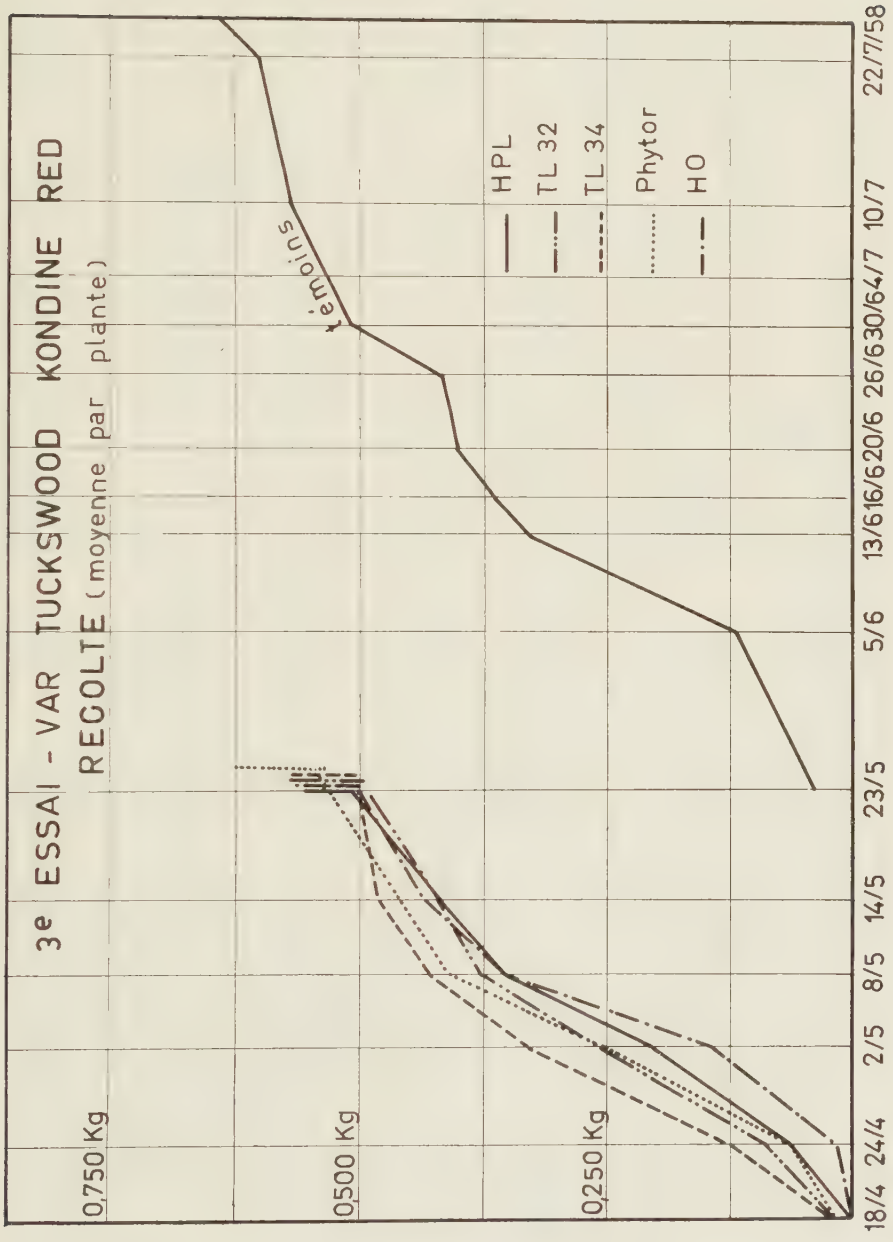


Diagramme nº 9.

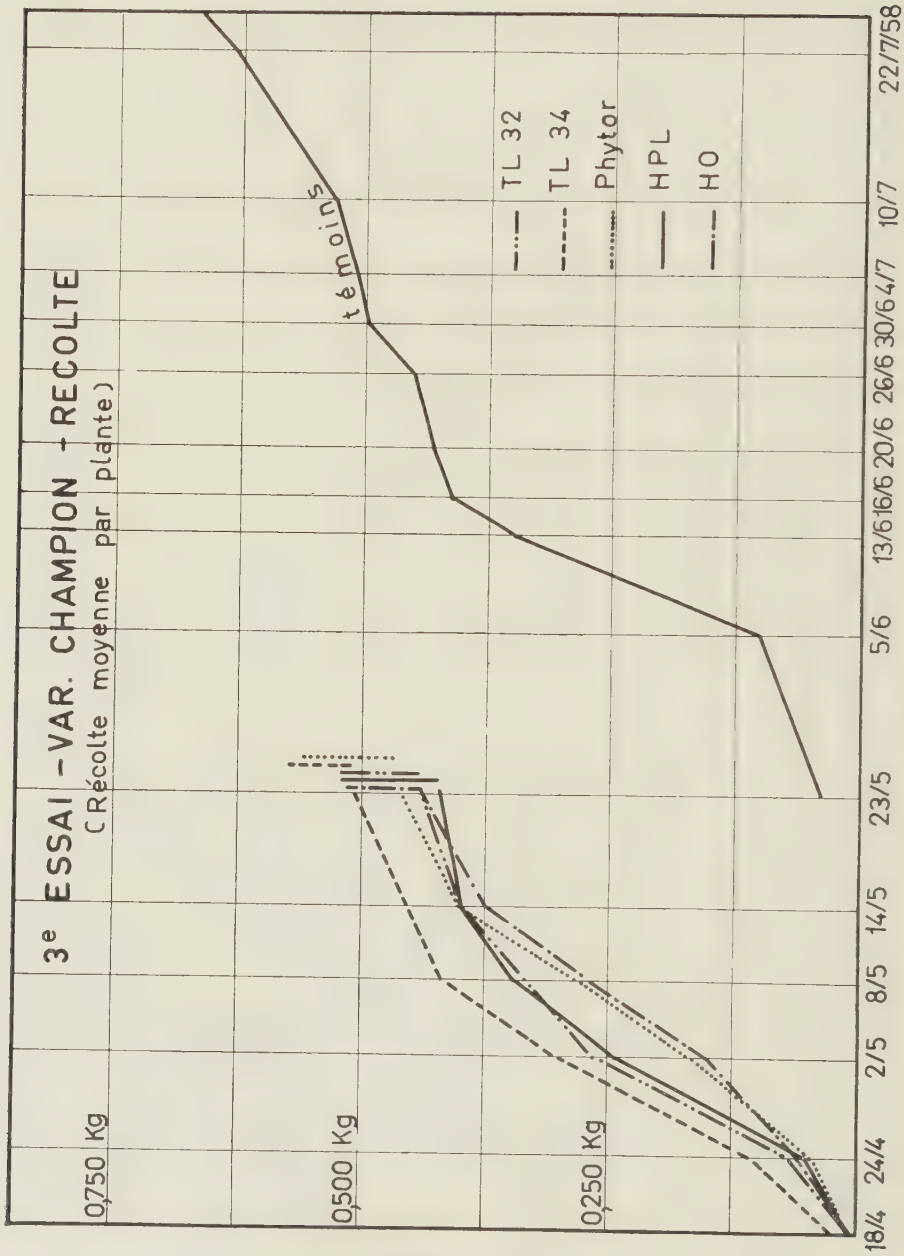


Diagramme n° 10.

Récolte	Variétés	
	Tuckswood Kondine Red	Champion
Lot HO	du 5/6 au 7/8/58	du 5/6 au 7/8/58
Lot HPL	du 8/5 au 10/7/58	du 14/5 au 10/7/58
Lot TL 32	du 8/5 au 10/7/58	du 14/5 au 10/7/58
Lot TL 34	du 8/5 au 10/7/58	du 14/5 au 10/7/58
Lot Phytor	du 14/5 au 10/7/58	du 14/5 au 10/7/58
Lot Sodium	du 14/5 au 10/7/58	du 14/5 au 10/7/58
Témoins	du 13/6 au 7/8/58	du 13/6 au 7/8/58

Cours du développement des plantes en élevage.

Le cours du développement des plantes fut identique pour les deux variétés.

Nombre de jours depuis le semis	Dates	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	SO	Témoins
10	6/1/58	début 2 f.	début 3 f.	début 3 f.	début 3 f.	2 feuilles	2 feuilles	1 feuille
17	13/1/58	2 feuilles	début 4 f.	début 4 f.	début 5 f.	début 4 f.	début 4 f.	1 feuille
24	20/1/58	début 4 f.	début 6 f.	début 6 f.	début 6 f.	début 6 f.	début 5 f.	début 2 f.
31	27/1/58	4 feuilles	début 7 f.	début 7 f.	début 7 f.	début 7 f.	début 6 f.	2 feuilles
38	3/2/58	début 6 f.	9 feuilles	début 10 f.	début 10 f.	début 10 f.	début 9 f.	4 feuilles
45	10/2/58	début 9 f.	début 12 f.	début 12 f.	début 12 f.	début 12 f.	9 feuilles	5 feuilles
52	17/2/58	début 10 f.					début 11 f.	début 6 f.
80	17/3/58							13 f. bouq. + 2 f.

4e ESSAI.

Traitements sous les lampes HO, HPL, TL 32, TL 34, Phytor, et Sodium de tomate des variétés « Tuckswood Kondine Red » et « Champion ».

Phases de la culture.

Semis au germoir de Copenhague à 22° C	27 décembre 1957
Repiquage en caissettes	31 décembre 1957
Début de la levée	3 janvier 1958
Début de l'illumination	3 janvier 1958
Empotage de toutes les plantes illuminées et des plantes témoins.	13 janvier 1958
Plantation en tablettes dans les serres de Grand-Manil de dix plantes de chacun des lots éclairés par les lampes HPL, TL 32, TL 34, Phytor et Sodium	10 février 1958
Plantation en tablettes dans les serres de Grand-Manil de dix plantes du lot éclairé par HO 450.	17 février 1958
Plantation en tablettes dans les serres de Grand-Manil de dix plantes témoins.	28 mars 1958

Interprétation des résultats obtenus dans la croissance des plantes (diagramme n° 11).

Comme dans les essais antérieurs, la lampe TL 34 se classe en tête sans que les différences soient cependant significatives. Les lampes TL 32, Phytor et HPL semblent pratiquement équivalentes. La lampe au sodium donne des résultats surprenants, peu inférieurs à ceux des lampes précitées et de loin supérieurs à ceux de la lampe HO 450.

Après trente-un jours d'illumination, le poids frais moyen des plantes sous lampes TL 34 est environ cinquante fois plus élevé que le poids frais moyen des lampes témoins. Le poids sec moyen des plantes traitées sous TL 34 est environ cent trente fois plus élevé que le poids sec des plantes témoins.

Interprétation des résultats obtenus dans la croissance des plantes (diagramme n° 12).

La lampe TL 34 se classe avant la lampe TL 32 pour le poids frais et après cette lampe pour le poids sec. Il semble bien que la lampe TL 34 est relativement moins efficace en ce qui concerne la variété « Champion » qu'en ce qui concerne la variété « Tuckswood Kondine Red ». Il en est de même pour la lampe Phytor qui s'apparente à la lampe TL 34 au point de vue de la répartition spectrale du flux lumineux.

Comme pour la variété « Tuckswood Kondine Red », la lampe au sodium donne des résultats satisfaisants.

Après trente et un jours d'illumination, les poids frais et sec moyens atteints par les plantes de la variété « Champion » traitées sous les lampes TL 32 et TL 34 sont supérieurs aux poids frais et sec moyens des plantes de la variété « Tuckswood Kondine Red » traitées sous les lampes TL 34. A ce point de vue les résultats des troisième et quatrième essais diffèrent donc essentiellement.

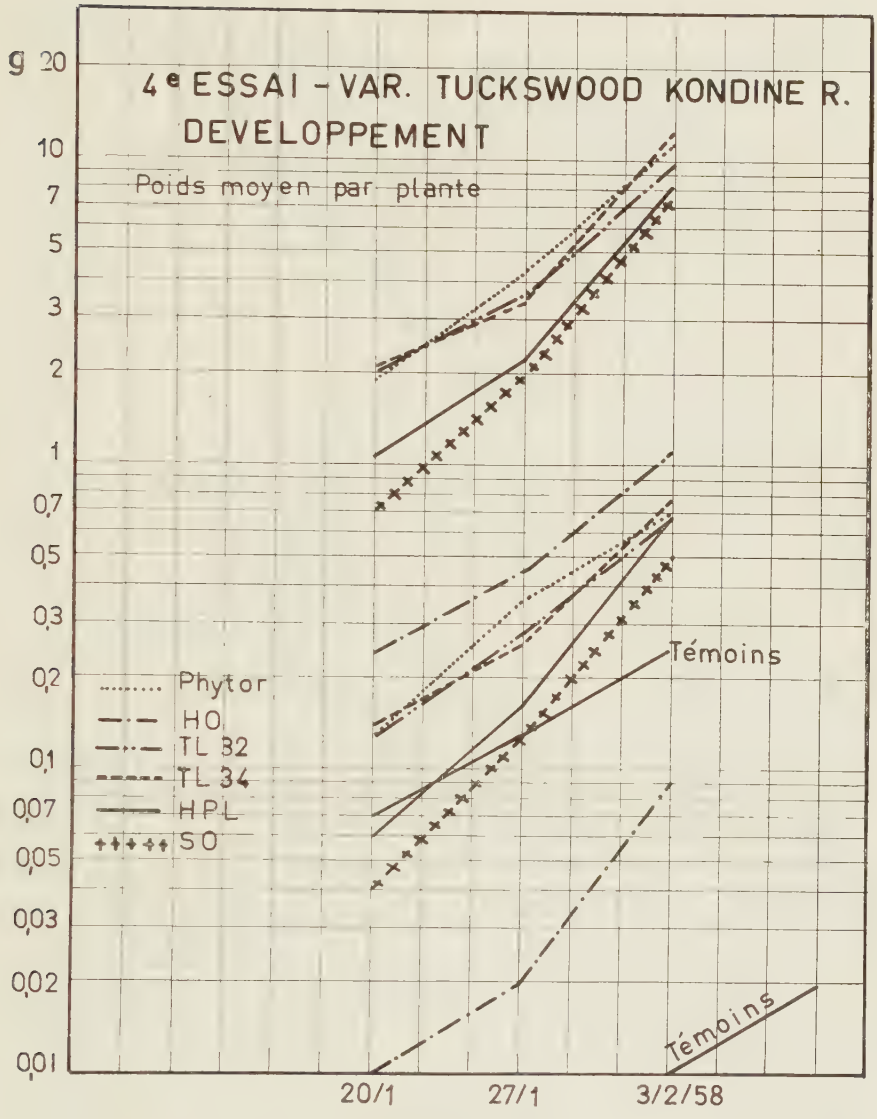


Diagramme nº 11.

4e *essai.*

Développement des plantes. Poids frais et poids secs.
Variété « Tuckswood Kondine Red ».

Semis	27 décembre 1957
Repiquage	31 décembre 1957
Début de l'illumination	3 janvier 1958
Empotage de toutes les plantes	13 janvier 1958

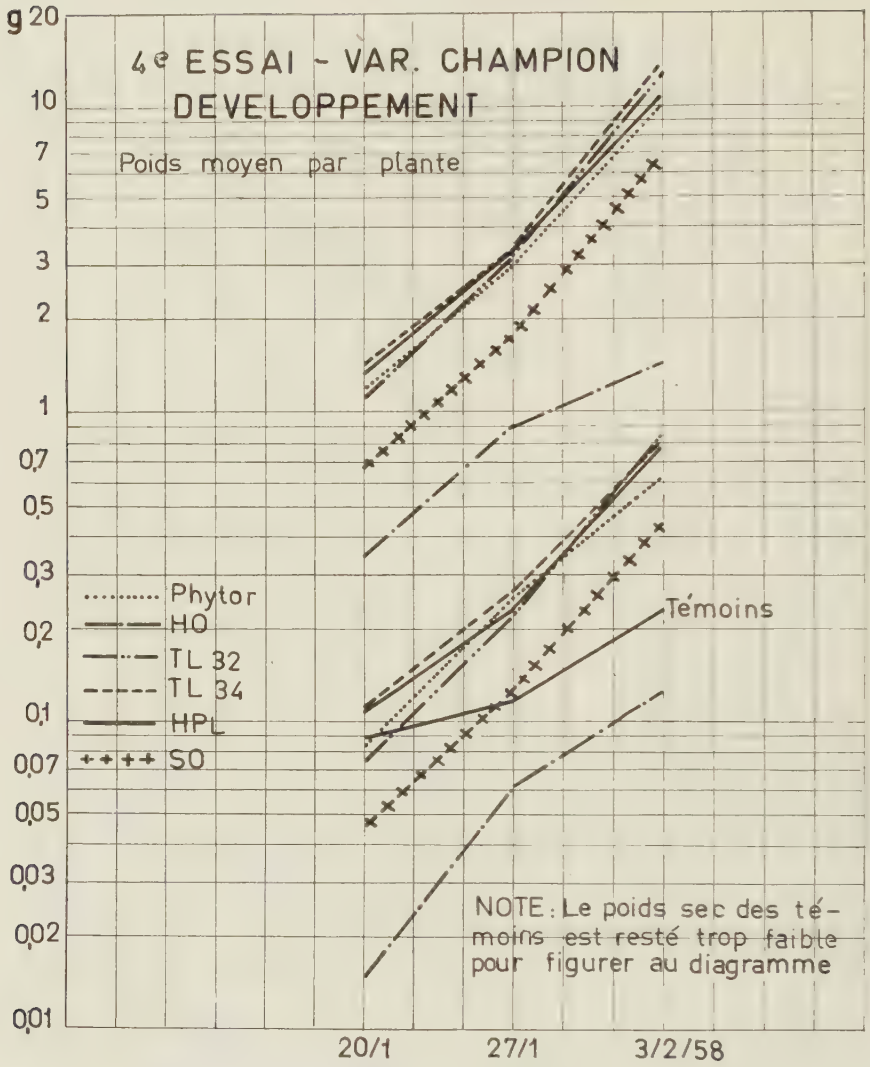


Diagramme n° 12.

4e *essai.*

Développement des plantes. Poids frais et poids secs.
Variété « Champion ».

Semis	27 décembre 1957
Repiquage	31 décembre 1957
Début de l'illumination	3 janvier 1958
Empotage de toutes les plantes	13 janvier 1958

Récolte du quatrième essai.

Tableau du poids de tomates récolté en moyenne par plantes, poids exprimé en kilogrammes.

Variété « Tuckswood Kondine Red ».

Date de la récolte	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	SO	Témoins
8/5/58	—	0,026	0,002	0,048	—	—	—
14/5/58	—	0,038	0,016	0,046	0,022	0,016	—
23/5/58	—	0,072	0,106	0,099	0,082	0,038	—
30/5/58	—	0,181	0,217	0,292	0,187	0,182	—
5/6/58	0,216	0,405	0,552	0,284	0,458	0,343	—
13/6/58	1,110	1,183	1,032	1,141	0,988	1,111	0,154
19/6/58	0,315	0,212	0,052	0,302	0,137	0,217	0,098
20/6/58	0,211	0,143	0,235	0,117	0,194	0,171	0,207
29/6/58	0,429	0,243	0,186	0,151	0,114	0,164	0,509
4/7/58	0,127	0,112	0,123	0,123	0,040	0,058	0,489
10/7/58	0,242	0,155	0,155	0,195	0,116	0,183	0,846
10/7/58 (vertes)	—	0,120	0,185	0,150	0,099	0,187	—
22/7/58	0,218	—	—	—	—	—	0,768
7/8/58	0,053	—	—	—	—	—	0,039
Totaux	2,921	2,866	2,861	2,948	2,437	2,670	3,110

Variété « Champion ».

Date de la récolte	Traitements						
	HO	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	SO	Témoins
14/5/58	—	0,016	0,004	0,048	0,013	0,052	—
23/5/58	—	0,110	0,134	0,144	0,072	0,050	—
30/5/58	—	0,222	0,215	0,205	0,185	0,219	—
5/6/58	0,143	0,571	0,398	0,427	0,573	0,369	—
13/6/58	0,967	0,902	1,068	1,036	0,942	1,201	0,212
16/6/58	0,435	0,097	0,245	0,216	0,154	0,126	0,031
20/6/58	0,330	0,060	0,092	0,158	0,169	0,190	0,236
26/6/58	0,366	0,143	0,148	0,165	0,217	0,128	0,540
4/7/58	0,217	0,093	0,108	0,099	0,115	0,074	0,566
10/7/58	0,427	0,146	0,239	0,113	0,145	0,192	0,826
10/7/58 (vertes)	—	0,063	0,176	0,177	0,201	0,138	—
22/7/58	0,384	—	—	—	—	—	0,359
7/8/58	0,192	—	—	—	—	—	0,084
Totaux	3,461	2,423	2,827	2,788	2,786	2,739	2,864

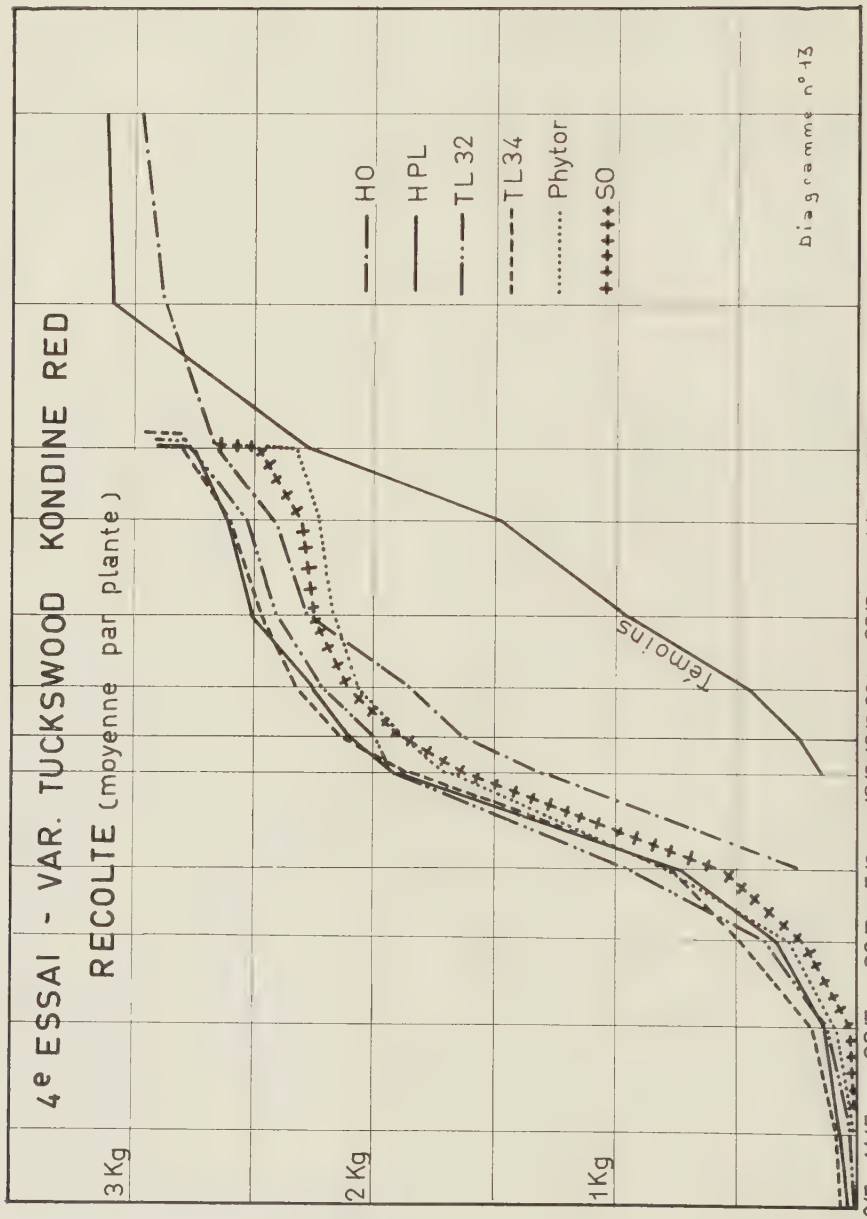


Diagramme nº 13.

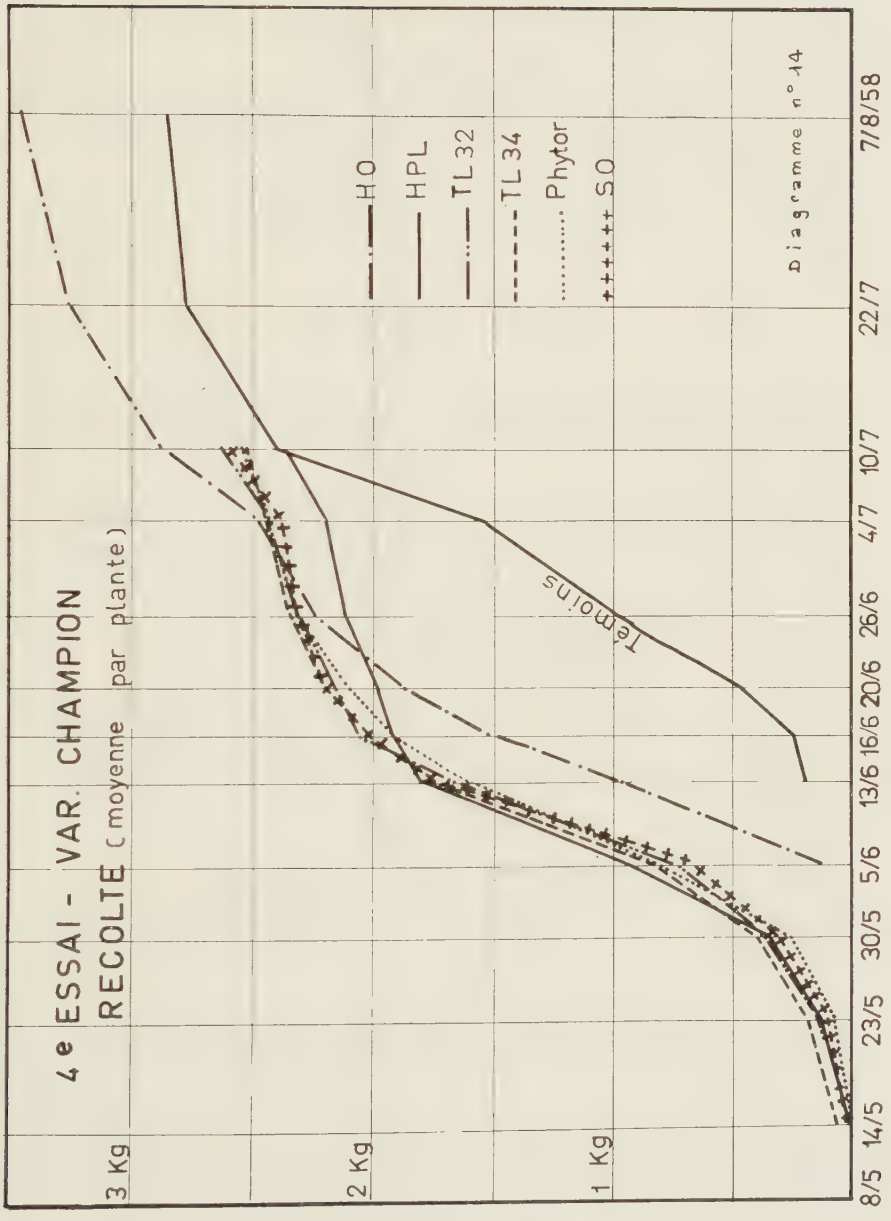


Diagramme n° 14.

Récolte du quatrième essai.

Sous l'effet des lampes HPL, TL 32 et TL 34, les plantes de la variété « Tuckswood Kondine Red » ont produit des fruits mûrs six jours avant les plantes de la variété « Champion ». Cette avance doit être considérée comme accidentelle car elle ne s'est pas maintenue plus d'une semaine.

L'irradiation de toutes les lampes, HO exceptée, a avancé la récolte d'un mois environ, mais a diminué son abondance.

L'irradiation de la lampe HO 450 n'a avancé la récolte que d'une semaine environ pour les deux variétés.

La récolte des plantes traitées par HO 450 a été plus forte que celle des plantes témoins en ce qui concerne la variété « Champion » et moins forte en ce qui concerne la variété « Tuckswood Kondine Red ».

Les diagrammes montrent clairement que les lampes HPL, TL 32, TL 34, Phytor et sodium ont une influence pratiquement identique tant sur la précocité que sur l'abondance de la récolte.

Économie de l'irradiation.

Pour pouvoir comparer du point de vue économique les diverses sources d'irradiation, nous sommes contraints de faire certaines hypothèses.

Nous admettons :

1° qu'une lampe permet d'irradier successivement trois cultures sans perte de rendement sensible ;

2° que l'installation et les accessoires des lampes sont amortis après dix cultures ;

3° que l'horticulteur irradie en serre une superficie d'au moins 10 m².

Rappelons que la constante d'éclairement adoptée pour les essais est la consommation d'électricité au m², consommation qui a été fixée à 300 watts.

A. Coût des lampes sans les accessoires durables.

(prix du commerce en janvier 1957).

Types	Prix d'achat Fr.	Surface irradiée m²	Prix au m² irradié Fr.
HO	455	1,58	288
HPL	610	0,88	693
6 tubes TL 32	450	0,98	458
6 tubes TL 34	450	0,98	458
6 tubes Phytor	720	0,98	735
SO avec cloche à vide	400	0,55	727

B. *Coût des accessoires durables.*

(prix du commerce en janvier 1957).

Types	Prix d'achat Fr.	Surface irradiée m²	Prix au m² irradié Fr.
HO	790	1,58	500
HPL	1231	0,88	1400
6 tubes TL 32	976	0,98	996
6 tubes TL 34	975	0,98	995
6 tubes Phytor	975	0,98	995
SO	1632	0,55	2905

C. *Estimation des frais d'installation.*

(main-d'œuvre et fils électriques).

Types	Prix d'achat Fr.	Surface irradiée m²	Prix au m² irradié Fr.
HO	100	1,58	70
HPL	50	0,88	57
6 tubes TL 32	200	0,98	204
6 tubes TL 34	200	0,98	204
6 tubes Phytor	200	0,98	204
SO	200	0,55	364

D. *Frais de consommation.*

La durée d'irradiation pour une culture est de l'ordre de 40 jours ce qui, à raison d'une photopériodicité de 16 heures et d'une consommation horaire de 300 watts, correspond à une consommation totale de 192 kilowatts par m².

En irradiant 10 m², la consommation s'élève à 1920 kilowatts pour la durée du traitement.

Suivant le tarif national dégressif actuellement en vigueur, les frais de consommation se chiffrent dans cette hypothèse à 50×4 Fr $+ 60 \times 2{,}48$ Fr $+ 90 \times 1{,}80$ Fr $+ 1720 \times 1{,}24$ Fr $= 2.643{,}60$ Fr.

Le prix moyen du kilowatt est ainsi ramené à 1,38 Fr. Nous pouvons donc admettre 1,40 F comme ordre de grandeur.

Frais de consommation : $192 \times 1{,}40 = 269$ Fr.

E. *Tableau récapitulatif des frais d'irradiation au m² pour une culture forcée de tomate.*

Types	Lampes Fr	Accessoires Fr	Installation Fr	Consommation Fr	Total Fr
HO	96	50	7	269	422
HPL	231	140	6	269	646
6 tubes TL 32	153	99	20	269	541
6 tubes TL 34	153	99	20	269	541
6 tubes Phytor	245	99	20	269	633
SO	242	296	36	269	843

F. *Prix moyen de vente par les producteurs.*

Les services économiques du Ministère de l'Agriculture publient périodiquement les prix de vente des tomates cultivées en serre. Ces renseignements paraissent dans la Revue de l'Agriculture.

Nous avons porté au diagramme nº 15 les prix moyens publiés en 1956 et nous avons tracé une courbe par les points obtenus.

Nous avons choisi l'année 1956 parce qu'elle précède directement nos premiers essais. L'ordre de grandeur des prix et l'allure des fluctuations sont pratiquement les mêmes pour les années voisines.

G. *Efficience économique de l'irradiation.*

L'efficience économique de l'irradiation dépend essentiellement de l'époque de la culture.

Nous avons porté au diagramme nº 15 pour les quatre essais effectués, la date du début de récolte des plantes témoins et des plantes soumises à l'irradiation des lampes HPL, TL 34 et Phytor. Seules ces lampes ont été employées dans tous les essais.

Le décalage entre le début de la récolte des plantes irradiées et le début de la récolte des plantes témoins, décalage qui dépasse un mois pour les semis du 14 novembre et 27 décembre 1957, se réduit à 20 jours pour le semis du 7 janvier 1957 et 3 jours seulement pour le semis du 1er février 1957.

Il est donc indiqué de semer en novembre ou décembre plutôt qu'en janvier et surtout qu'en février.

Compte tenu de l'allure de la courbe du prix de vente pratiqué par les producteurs, courbe accusant un maximum caractéristique dans les premiers

jours de mai, il est plus intéressant d'effectuer le semis des tomates à irradier en novembre plutôt qu'en décembre.

La comparaison des traitements au point de vue économique devrait donc se faire sur la base des récoltes obtenues au 3e essai.

Cependant les rendements de cet essai ont été beaucoup trop faibles du fait que, faute de place disponible, nous avons dû réaliser la plantation en pots. D'autre part la lampe SO n'a pas été employée.

Nous préférons donc examiner la rentabilité de la culture résultant du semis du 27 décembre 1957 (4e essai).

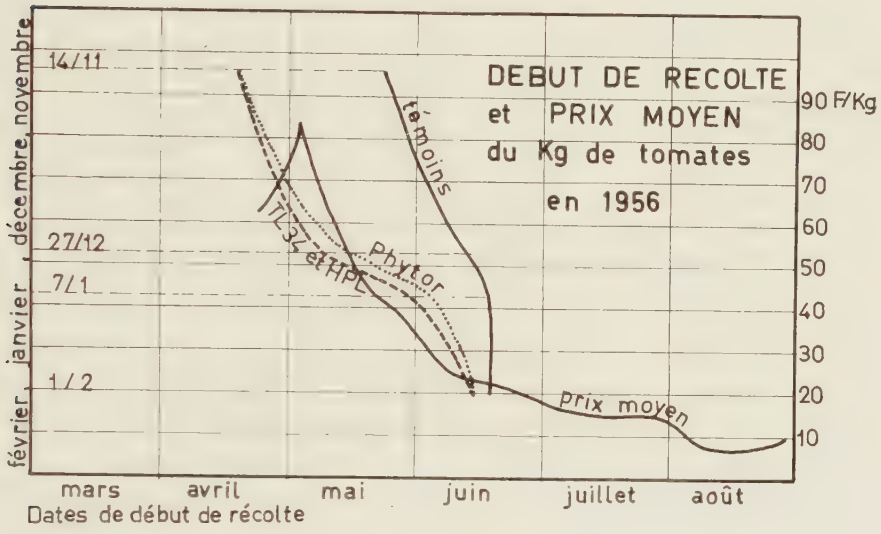


Diagramme n° 15.

H. *Comparaison des traitements au point de vue économique.*

Nous admettons que, par m², l'horticulteur soumet à irradiation 150 plantes placées en pots de 8 cm.

Nous comparerons sur la base des renseignements du 4e essai le produit de la vente des fruits provenant des plantes soumises à irradiation avec le produit de la vente des fruits provenant des plantes témoins, en multipliant les récoltes obtenues par le prix moyen constaté en 1956 à la même époque.

Nous limiterons notre comparaison à la variété « Tuckswood Kondine Red ».

Le produit de la vente s'élève à :

Types	Pour une plante Fr	Pour 150 plantes Fr
HO 450	60,61	9.091
HPL	70,75	10.612
TL 32	68,18	10.227
TL 34	73,07	10.960
Phytor	59,16	9.874
SO	61,52	9.228
Témoins	42,57	6.385

Majoration du produit de la vente due à l'irradiation par m² de surface irradiée.

Types	Majoration brute du prix de vente Fr	Frais d'irradiation Fr	Majoration nette du prix de vente Fr
HO	2.706	422	2.284
HPL	4.227	646	3.501
TL 32	3.842	541	3.301
TL 34	4.575	541	4.034
Phytor	2.489	633	1.856
SO	2.843	843	2.000

Classement des lampes au point de vue bénéfice espéré à la récolte.

1° TL 34
2° HPL
3° TL 32
4° HO
5° SO
6° Phytor

Il faut se garder de considérer ce classement comme définitif. Il est vraisemblable que la récolte médiocre des plantes « Tuckswood Kondine Red » traitées par les lampes Phytor est purement accidentelle, car cette médiocrité n'est pas confirmée pour la variété « Champion ».

Conclusions.

La lampe HO 450 est de loin la moins intéressante des sources d'irradiation comparées.

La lampe au sodium, pratiquement monochromatique, à la limite du jaune et de l'orange, donne contre toute attente, de bons résultats. Si elle se classe après les lampes HPL, TL 32, TL 34 et Phytor, son efficacité diffère relativement peu des lampes précitées. (Cf. diagramme nº 11). Les frais d'irradiation sont cependant plus élevés que pour les autres lampes.

Si nous comparons la répartition énergétique des lampes HPL, TL 32, TL 34 et Phytor, à la répartition énergétique solaire :

Bande spectrale	HPL	TL 32	TL 34	Phytor	Soleil
violet	20,39	1,20	5,42	6,57	8,20
bleu	8,24	9,99	19,63	23,91	12,86
vert	19,31	16,61	23,74	24,16	42,40
jaune	22,99	13,12	12,38	10,68	6,08
orange	5,86	18,77	17,56	12,66	7,74
rouge	23,21	40,31	21,27	22,02	22,72
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nous constatons que le pourcentage important de l'énergie solaire localisée dans le vert est fortement réduit au bénéfice d'autres régions spectrales qui sont : lampe HPL : le violet et le jaune.
lampe TL 32 : l'orange et le rouge.
lampe TL 34 : le bleu et l'orange.
lampe Phytor : le bleu.

La répartition spectrale de la lampe TL 32 se rapproche de la courbe de Gabrielsen [1] qui attribue à la bande rouge la plus grande activité photosynthétique.

Les répartitions spectrales des lampes TL 34 et Phytor, par contre, se rapprochent de la courbe de Hoover [2] qui attribue à la bande bleue une activité photosynthétique du même ordre que celle de la bande rouge. Ces deux lampes se différencient par le fait que la lampe Phytor émet plus d'énergie dans le bleu et moins dans l'orange que la lampe TL 34.

Les lampes HPL, TL 32 et Phytor sont pratiquement équivalentes comme sources d'irradiation.

Par contre la lampe TL 34 surclasse les autres lampes d'une manière hautement significative pour les semis des 14 novembre et 7 janvier. Si elle est dépassée par les lampes Phytor et HPL pour le semis du 1er février, c'est d'une manière non significative.

* * *

On peut conclure que l'irradiation, quelle que soit la source lumineuse utilisée, augmente la rentabilité de la culture de la tomate d'une manière appréciable.

La lampe TL 34 est excellente car, dans tous les essais effectués, elle assure une récolte précoce et abondante. Cependant la lampe HPL, qui se classe en seconde position, est d'une grande facilité d'installation, à la portée de tout horticulteur. Son emploi se recommande également par le fait qu'elle projette peu d'ombre et permet ainsi aux plantes de bénéficier plus largement des radiations naturelles.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Gabrielsen E. K. *Influence of light of different wave-lenghts on photosynthesis in foliage leaves.* Physiologia Plantarum, vol. I, fasc. 2, p. 113-123, 1948.

[2] Hoover W. H. *The dependance of carbon dioxyde assimilation in a higher plant on wave-lenght of radiation.* Smithsonian Misc. Coll. Vol. 95, n° 21, 1937.

[3] Oranje P. J. *Les lampes à décharge.* Édition Philips. Eindhoven, 1949.

[4] Piquer G. *Utilisation de la lumière artificielle dans l'élevage des plants de tomate en hiver.* Bull. de l'Institut Agron. et des Stat. de Recher. de Gembloux, XXIII, n° 4, p. 430-455, 1955.

[5] Reinders-Gouwentak C. et Smeets L. *Het opweken van stooktomaten met behulp van de hogedruk-kwiklamp Philips HO 2000.* Med. Landbouwhogeschool, Wageningen 50, verh. 4, 1950.

[6] Reinhold J. et Lanckow J. *Der Entwickungrythmus der Treibgurke und der Treibtomate unter dem Einfluss der kunstlichen Zusatzbelichtung.* Rev. Der Deutsche Gartenbau, Fév. 1957.

[7] Roodenburg J. W. M. *Nieuwe resultaten met toepassing van kunstmatige belichting.* Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, 12, 1949.

[8] Roodenburg J. W. M. *De moderne ontwikkeling van de kunstmatige plantenbelichting.* Electrotechniek, fév. 1950, n° 4.

[9] Van der Linden L. *L'influence de la lumière artificielle dans la culture des tomates.* Bull. Hort. VIII, janv. 1953, p. 17-18.

[10] Verkerk K. *Temperature, light and the tomato.* Med. Landbouwhogeschool. Wageningen, 1955.

INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE.

L'application des méthodes électrochimiques d'analyse à la recherche agronomique présente de sérieux et nombreux avantages (*)

par

Paul NANGNIOT.

En dépit de leur essor prodigieux, les méthodes électrochimiques d'analyse ne prennent pied que péniblement dans la plupart des laboratoires de recherches appliquées. Seules, paradoxalement, les méthodes potentiométriques et conductométriques semblent être parvenues à vaincre sur quelques points les méthodes traditionnelles, dont le grand âge justifie cependant une mise à la retraite entourée d'honneurs.

Frappées d'un injuste ostracisme, les autres méthodes électrochimiques restent dans l'ombre. Pourtant, elles sont capables de résoudre élégamment maints problèmes, parmi lesquels le dosage simultané de plusieurs substances sans séparations préalables, la purification des réactifs et l'estimation de quantités de matière à l'échelle du microgramme ne sont pas les plus négligeables.

Ces méthodes méconnues possèdent un caractère commun ; elles se rattachent toutes, par des liens plus ou moins étroits, au phénomène d'électrolyse, dont les lois, vieilles de plus d'un siècle, remontent à Faraday (1833).

Nous allons tenter de dégager, à travers leurs principes essentiels et leurs applications principales, les raisons de l'indéniable intérêt soulevé par ce groupe de méthodes, dominé, tant par son importance capitale que par l'aide qu'elle fournit à la compréhension de ses consœurs, par la polarographie,

(*) Thèse annexe défendue pour l'obtention du grade de Docteur en sciences agronomiques.

découverte en 1922 par Jaroslav Heyrovský [43], prix Nobel de Chimie 1959. L'ordre de succession adopté n'est donc pas chronologique ; il se justifie par des raisons didactiques. Ainsi, nous étudierons successivement :

I. La Polarographie
II. L'Ampérométrie
III. L'Électrolyse à potentiel contrôlé
IV. La Coulométrie
V. La Chronopotentiométrie

I. La Polarographie.

A. *La polarographie classique.*

Le principe de la méthode est illustré par le schéma suivant.

On applique aux bornes d'une cellule contenant la solution à analyser, une tension continue variant de façon régulière au moyen du curseur D coulissant sur le fil potentiométrique BC dont les extrémités sont reliées à une batterie d'accumulateur de 4 ou 6 volts.

L'électrode de travail (c'est-à-dire l'électrode où s'effectue la réaction électrochimique étudiée) est constituée par un tube capillaire de quelques centièmes de millimètre de diamètre intérieur, relié à un réservoir contenant du mercure. Le capillaire, immergé dans la solution, débite des gouttes de mercure à une cadence régulière. L'électrode de référence est habituellement constituée par une électrode au calomel saturée en KCl.

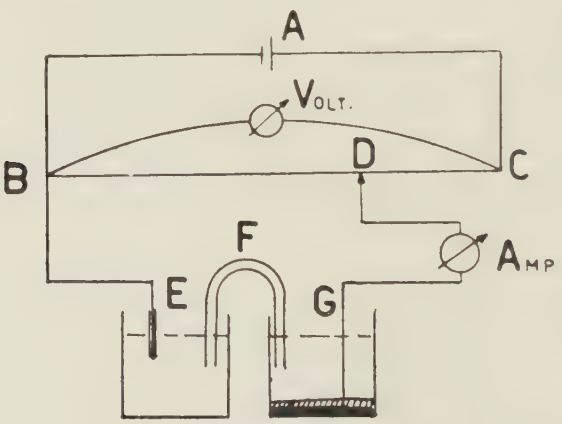


Fig. 1.

Supposons, par exemple, que la solution à analyser contienne des ions Cd^{2+}, en présence d'une grande quantité d'un électrolyte indifférent, c'est-

à-dire non réductible dans les conditions de l'expérience. Partant de O volt, augmentons progressivement le potentiel et portons en graphique l'intensité du courant qui traverse la solution en fonction du potentiel appliqué (figure 2).

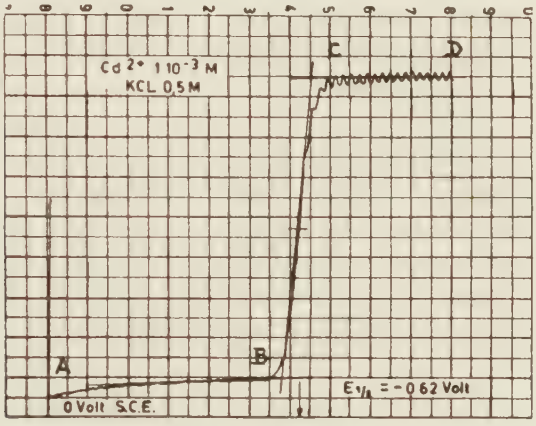


Fig. 2.

Entre A et B, on observe un courant très faible, dit courant résiduel, dû à la présence d'impuretés difficilement éliminables de la solution et au courant de charge de la goutte de mercure. Au point B, le potentiel de décomposition des ions Cd^{2+} est atteint ; en ce point, l'électrolyse commence et le courant augmente rapidement de B en C. A partir du point C, le courant n'augmente plus ; à ce moment, le nombre d'ions *réductibles* qui atteignent la cathode par diffusion est égal au nombre d'ions réduits. Le courant limite, dit courant de diffusion est proportionnel à la concentration en cadmium. De plus, la valeur du potentiel de demi-vague $E_{1/2}$ correspondant à la *moitié du courant de diffusion* détermine qualitativement l'ion réduit. La courbe ABCD est un polarogramme ou courbe de polarisation. Si, au lieu d'un seul ion, le milieu polarographié en contient plusieurs, le polarogramme présentera une série de « marches d'escalier » correspondant à la réduction des différents ions présents dans la solution.

L'addition de l'électrolyte indifférent a pour but de réduire au maximum la participation des ions du dépolarisateur au courant de migration ; de cette manière, ceux-ci n'arrivent à l'électrode à gouttes que par diffusion. Cette addition est de règle dans les autres méthodes électrochimiques qui seront exposées dans la suite. Il est également souvent nécessaire d'ajouter un suppresseur de maximum (gélatine) pour éliminer les anomalies dont le courant de diffusion est le siège et qui empêchent de le mesurer avec précision.

De plus, il est nécessaire d'éliminer l'oxygène dissous dans les solutions.

L'oxygène fournit, en effet, 2 vagues de réduction, correspondant aux réductions successives $O_2 \rightarrow H_2O_2$ et $H_2O_2 \rightarrow H_2O$. Ces deux vagues se situent vers -0.2 volt et -1.0 volt S. C. E. L'élimination de l'oxygène dissous est généralement assuré par barbotage d'azote pur dans les solutions.

On a vu qu'il était possible de déterminer, sans séparations préalables plusieurs ions en solution. Le dosage simultané de ces ions ne peut s'effectuer que si leurs potentiels de demi-vague diffèrent de 100 mV au moins. Cet écart minimum n'est pas toujours réalisé. On peut néanmoins souvent l'obtenir, par le choix d'un électrolyte de base (électrolyte indifférent) convenable.

En effet, l'utilisation judicieuse de complexants, tels que citrate, tartrate, cyanure ou thiocyanate permet de déplacer les ondes polarographiques dans une mesure parfois considérable. Il arrive même que l'ampleur de ce déplacement soit tel, que l'ion, rejeté hors des limites du polarogramme, cesse d'être réductible. C'est le cas, par exemple, du fer ferreux en milieu citrate, du zinc en milieu cyanure, du cobalt et du nickel en milieu tartrate.

Le domaine de potentiel utilisable en polarographie est déterminé par la nature et la concentration de l'électrolyte-support utilisé. Du côté des potentiels positifs la limitation provient de la mise en solution du mercure de l'électrode à gouttes ; on ne peut dépasser + 0,4 volt S. C. E. Si l'anion de l'électrolyte de base forme un complex ou un sel insoluble avec le mercure, cette limite est déplacée vers les potentiels négatifs. Du côté des potentiels négatifs, la limitation est imposée par la nature du cation de l'électrolyte de base. Avec les sels habituellement utilisés, on atteint en milieu neutre ou alcalin, environ — 1,9 volt S. C. E. Les sels d'ammonium quaternaires soigneusement purifiés permettent d'atteindre — 2,6 volts ; leur emploi est peu courant. En milieu acide, la réduction des ions H^+ limite les polarogrammes à un potentiel d'autant moins négatif que le pH est plus bas. A pH = O, cette limite se situe vers -1,1 volt S. C. E. ; elle se déplace de 100 mV vers les potentiels négatifs lorsque le pH augmente de une unité. L'action compétitive des ions H^+ est la plus à craindre avec les métaux fortement électropositifs, tels que le zinc et le manganèse. Ces métaux doivent obligatoirement être déterminés dans des milieux neutres ou alcalins.

La sensibilité de la méthode polarographique est excellente. Elle peut atteindre, dans les cas favorables, la valeur de 1.10^{-6} M ; comme le montre le tableau suivant, les méthodes polarographiques supportent aisément à ce point de vue la comparaison avec les méthodes colorimétriques.

Les chiffres de la deuxième colonne du tableau sont calculés en admettant une sensibilité polarographique moyenne de 5.10^{-6} M.

La précision des mesures dépend de la morphologie des vagues et de la concentration ; si la température et la caractéristique du capillaire restent constantes, la précision vaut environ 1% dans la zone des concentrations 1.10^{-2} M à 1.10^{-4} M et 3 à 5% dans la zone de concentration 1.10^{-5} M à 1.10^{-6} M.

Cation	Limite de sensibilité	
	polarographie (μg / cc)	colorimétrie (μg / cc)
Cu^{++}	3.3	1.0
Pb^{++}	10.5	1.0
Bi^{+++}	10.5	2.0
Cd^{++}	5.6	10.0
As^{+++}	3.8	10.0
Sb^{+++}	6.1	10.0
Sn^{++}	6.0	1.0
Tl^{+}	10.0	10.0
Zn^{++}	3.3	3.3
Mn^{++}	2.7	0.03

L'exploitation quantitative des polarogrammes est généralement basée sur le tracé d'une courbe analytique obtenue en portant en graphique les hauteurs des sauts de solutions étalons en fonction de la concentration. Si la désoxygénation des solutions est complète et si la valeur du courant résiduel a été correctement retranchée de la hauteur totale du saut, on obtient une droite passant par l'origine.

B. *Les méthodes polarographiques récentes.*

Le champ actuel de la polarographie ne se limite pas à l'enregistrement photographique ou mécanique de la fonction $i = f(E)$. Le tableau suivant groupe les différentes fonctions examinées jusqu'à nos jours et le type d'enregistrement qui leur est appliqué.

Nature de la fonction	Type d'enregistrement	Désignation dans la littérature	Référence
$i = f(E)$	Photographique Mécanique	Polar. classique	144,70,94 95,45,145
	Oscillographique	Polar. oscillographique à variation linéaire de tension	122,146 147
$\frac{di}{dE} = f(E)$	Photographique Mécanique Oscillographique	Polar. dérivée	112
$E = f(t)$	Oscillographique		
$\frac{dE}{dt} = f(t)$	Oscillographique	Polar. oscillographique en courant alternatif	59,60,61 62,46,47
$\frac{dE}{dt} = f(E)$	Oscillographique		
$i = f(t)$	Photographique	Mesure du courant instantané	126,79

En outre, la mise au point de plusieurs nouveaux types d'électrodes (Electrode de Smoler, électrode-pipe, électrode à gaine, électrode à goutte de mercure stationnaire, etc ...) a permis la connaissance plus intime du mécanisme des réactions électrochimiques et d'abaisser considérablement la limite de sensibilité atteinte par la polarographie classique. Il est actuellement possible de réaliser le dosage de substances dont la concentration n'excède pas 1.10^{-8} M (0.0065 mg de zinc par litre).

C. *Domaine d'application de la polarographie.*

L'étendue du domaine d'application de la polarographie lui permet de s'imposer parmi les premières méthodes analytiques modernes. En principe, toute substance oxydable ou réductible peut réagir à l'électrode de mercure.

1° *En chimie minérale.*

La plupart des cations sont déterminables. Parmi les anions directement dosables, citons : les halogènes, BrO_3^-, IO_3^-, IO_4^-, ClO^-, SCN^-, $S_2O_3^{--}$, CN^- et S^{--}. D'autres anions, tels que SO_4^{--}, et PO_4^{---}, peuvent être déterminés indirectement.

Le tableau suivant rassemble quelques uns des nombreux dosages d'intérêt agronomique, réalisés par la voie polarographique.

Plantes	Sols	Eaux	Atmosphère	Aliments
Sb (150)	alcalins (86)	Cu (111)	Bi (67)	Pb (57)
Cu (110)	Cd (88)	Pb (12)	Cd (124)	Sn (16)
Mn (56)	Cr (100)	Alcalins (75)	Cr (140)	Zn (134)
Zn (54)	Co (89)	Ca (127)	Cu (65)	
Alcalins (142)	Cu (55)	Co (90)	Pb 65)	
Bi (131)	I (36)	I (1)	Mn (77)	
Cd (132)	Fe (104)	Fe (10)	HNO_3 (15)	
Co (89)	Mn (143)	Mg (128)	SO_2 (4)	
I (36)	Ni (91)	NO_3^- (22)		
Pb (106)	Zn (87)	Zn (87)	V (66)	
Mg (130)				
Mo (58)				
NO_3^- (97)				
Tl (107)				

2° *En chimie organique.*

Des milliers de composés ont déja été étudiés. Ils appartiennent principalement aux familles suivantes :

— composés oxygénés : aldéhydes, cétones, quinones, acides et o-hétérocycles.

— composés azotés : dérivés nitrés et nitrosés, azoïques et N-hétérocycles.
— composés sulfurés : comprenant des liaisons -SH ou -S-S-.
— composés halogénés.
— hydrocarbures non saturés.
— composés organométalliques.
— peroxydes.
— vitamines, alcaloïdes, hormones, steroïdes.

Le tableau suivant, limité à quelques dosages d'intérêt agronomique, rend compte du nombre considérable de méthodes mises au point dans ce domaine.

Fruits	Matières grasses	Miel	Lait
anthocyanines(8) Vit. C (20) Fructose (40) Furfural (92)	Diacétyle (108) Peroxydes (81) Tocophérol (69)	Fructose (48) Hydroxyméthyl-furfural (5) Substances tensio-actives (49)	Vit. C (148) Formaldéhyde (7) Lactoglobuline (53) Protéines (35) Enzyme de Schardinger (68) Groupements -SH (52)
Bière	Plantes	Produits phytopharmaceutiques	
acétaldéhyde (123) cystine (113) protéines (116) saccharine (113) glycérol (24)	Vit. C (19) Carotène (48) chlorophylle (14) protéines (117) Vit. B_1 (14) Alcaloïdes	Chloranil (42), DDT (31) Phygon (42), Brestan (39) T. M. T. D. (99), dithiocarbamates (99), gammexane (96), Parathion (6), pyréthrine (103), 1. chloro 2.4 dinitronaphtalène (99)	

D. *Avantages des méthodes polarographiques.*

1° Possibilités d'analyses de plusieurs constituants sans séparations préalables. Il est possible, dans certains cas, de doser simultanément 5 ou 6 métaux ;

2° Très grande sensibilité, supérieure à celle de toutes les autres méthodes (sauf les méthodes radiochimiques) ; on atteint facilement 10^{-8} M.

3° Possibilités d'analyse sur de très faibles volumes de solutions (0,1 cc). Cette particularité est importante ; dans le cas de l'analyse de substances rares ou précieuses ;

4° La simplicité des méthodes permet aisément la réalisation de dosages en séries ;

5° Les polarogrammes constituent des documents impartiaux permettant dans la suite tout contrôle en cas de contestation.

II. L'ampérométrie.

A. *Principes et types de réactions mis en jeu.*

L'ampérométrie est basée sur la mesure du courant électrique qui passe dans une solution lorsqu'on applique une différence de potentiel convenable et constante entre les deux électrodes qui y plongent. Découverte dans son principe par Salomon en 1897, elle ne fut tirée de l'oubli que par la mise au point de la polarographie avec laquelle elle présente une profonde analogie. Au lieu de faire varier le potentiel, celui-ci reste constant pendant toute la durée de la titration. Le choix de ce potentiel se déduit de l'examen de la courbe de polarisation de la substance à titrer. Si, par exemple, il s'agit de doser ampérométriquement une solution contenant des ions Pb^{2+}, il est nécessaire d'appliquer entre les deux électrodes une différence de potentiel telle que le taux d'électrolyse des ions considérés soit maximum. En d'autres termes, le potentiel choisi doit être 150 à 200 mV plus négatif que le $E_{\frac{1}{2}}$ de l'onde de réduction des ions Pb^{2+} ; le potentiel correspond alors au courant de diffusion de l'ion étudié. (L'ion à déterminer, doit être, comme en polarographie, accompagné d'une forte quantité d'électrolyte-indifférent).

Si on provoque la diminution de la concentration en Pb^{2+} en ajoutant à la solution des ions CrO^{4--}, le courant qui traverse la solution diminue fortement en fonction de l'addition du réactif précipitant jusqu'à atteindre, au terme, une valeur voisine de zéro. Au delà du point équivalent, le courant augmente par suite de la réduction des ions CrO^{4--} (voir figure 3), présents en excès dans la solution.

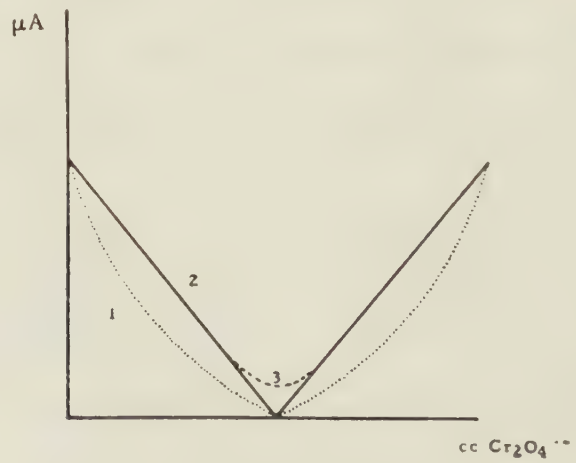


Fig. 3.

En pratique, il suffit dans la plupart des cas, de déterminer par quelques mesures, avant et après le point équivalent, la valeur de l'intensité du courant qui traverse la solution en fonction du volume de réactif ajouté. L'allure de la variation du courant, avant et après le terme, est représentée par deux branches de droite. Bien entendu, les valeurs des courants mesurés doivent être affectées d'un coefficient de correction faisant intervenir la dilution de la solution à analyser par le réactif.

De plus, par suite de la solubilité non négligeable du chromate de Pb, il existe, au terme, à côté du chromate de plomb précipité, des ions Pb^{2+} et CrO^{4--}. La présence de ces ions provoque, aux environs du point équivalent, une déviation de l'allure strictement rectiligne des deux branches de droite de la figure 3. Heureusement, avant le terme, les ions Pb^{2+}, en excès, provoquent par leur présence une forte diminution de la solubilité du chromate de plomb (influence d'un ion commun). Cette circonstance favorable permet de définir graphiquement le terme, par extrapolation des deux parties linéaires de la courbe. Cette façon de procéder, notons-le, n'est pas applicable en potentiométrie, car dans cette méthode, les lectures de potentiels effectuées avant et après le terme ne peuvent en aucune manière servir à l'apprécier.

On peut, en principe, déterminer le terme des réactions suivantes : oxydo-réduction, précipitation, acide-base et formation de complexe. En pratique, seul l'emploi des deux premières est d'un usage courant.

Différents cas peuvent se présenter, suivant que la substance à analyser ou le réactif titrant sont réductibles ou non à la valeur du potentiel appliqué entre les électrodes.

a) *Le corps titré est électroréductible et le réactif ne l'est pas.*

Exemple : titration d'un sel de plomb par un oxalate.

La variation du courant en fonction du nombre de cc de réactif ajouté est donnée par la fig. 4.

b) *Seul le réactif est électroréductible.*

Exemple : titration inverse de la précédente, le sel de plomb étant utilisé comme réactif. Un courant ne commence à traverser la solution qu'à partir du moment de l'apparition d'un excès d'ions Pb^{2+} (voir figure 5).

On obtiendrait une courbe similaire en titrant les ions Pb^{2+} par $Cr_2O_7^{--}$ en présence de KNO_3 et en appliquant entre les deux électrodes un potentiel de -0,25 volt S. C. E. A ce potentiel, les ions Pb^{2+}, ne sont pas réduits, mais bien les ions $Cr_2O_7^{--}$.

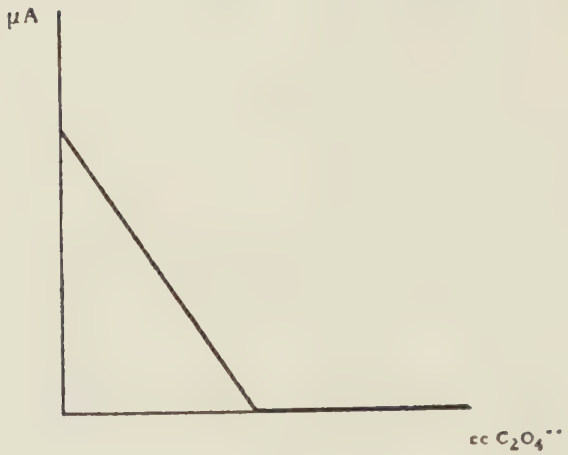


Fig. 4.

c) *Le corps titré et le réactif sont tous deux électroréductibles.*

Exemple : titration de Co^{2+}, par l'α-nitroso-β-naphtol en milieu HAc-NaAc. Titration de Pb^{2+} par $Cr_2O_7^{--}$, le potentiel appliqué étant -0,8 volt (voir figure 3).

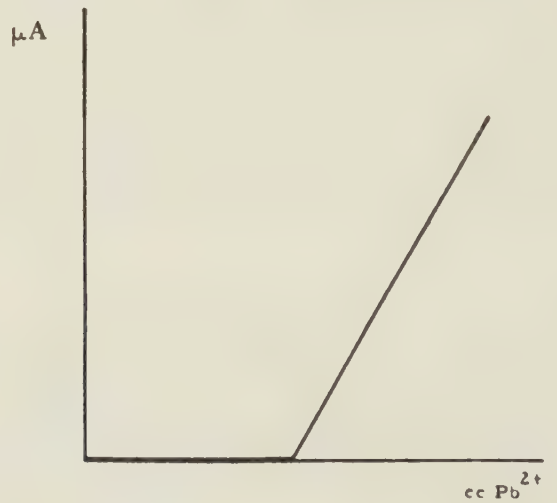


Fig. 5.

d) *Changement de sens du courant au point équivalent.*

1° Le corps titré est un anion oxydable et le réactif un cation réductible au potentiel choisi (voir figure 6).

Exemple : titration d'un iodure par $Hg(NO_3)_2$ à 0 volt, dans HNO_3 0,1N contenant 0.05% de gélatine.

2° Réactions d'oxydo-réduction.

Exemple : titration d'un sel titaneux par un sel ferrique en milieu tartrique à -0.44 volt S. C. E. (voir figure 7).

Les courbes de polarisation (polarogrammes) d'un sel ferrique et d'un mélange Ti^{3+} - Ti^{4+}, permettent de comprendre aisément que la courbe de titration d'un sel titaneux par un sel ferrique est identique à celle de la figure 6. Aux potentiels plus positifs que B, on atteint le palier de diffusion de la vague anodique $Ti^{3+} \rightarrow Ti^{4+}$; aux potentiels plus négatifs que A, le palier de diffusion de la vague de réduction $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$. L'expérience sera donc conduite à un

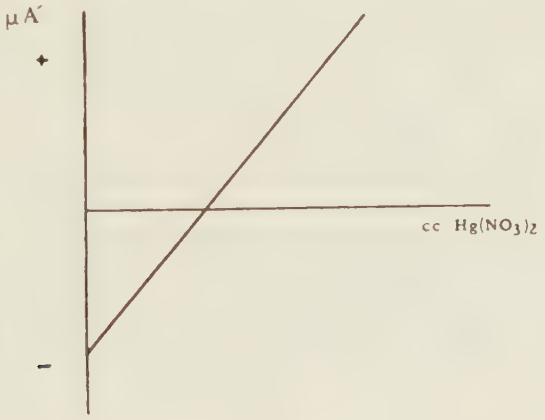


Fig. 6.

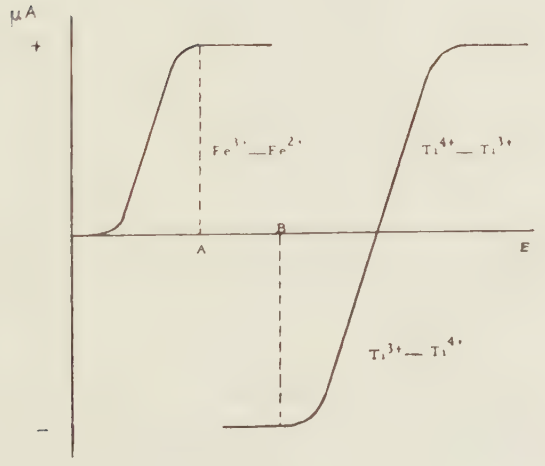


Fig. 7.

potentiel compris entre A et B. Au moment où la dernière trace de Ti^{3+} disparaît de la solution, le courant, négatif jusqu'alors, atteint une valeur nulle puis devient positif par suite de l'apparition de Fe^{3+} en excès, immédiatement réductible à la cathode.

B. *Technique et Appareillage.*

Suivant la nature des réactions mises en jeu, on utilise des montages plus ou moins complexes, qu'on peut grouper en 3 catégories :

1° *Emploi d'un polarographe avec une électrode de travail à gouttes de mercure ou en platine et une électrode de référence classique.*

Les conditions expérimentales sont moins rigoureuses qu'en polarographie. Il n'est pas nécessaire de travailler à température constante ; il suffit que la température ne varie pas au cours du titrage (ne pas toucher avec les mains le vase contenant la solution à titrer).

L'oxygène doit être éliminé des solutions dans la plupart des cas. Si la substance à titrer est électroréductible, on ajoute suffisamment d'électrolyte-support pour éliminer le courant de migration. Si la substance à titrer n'est pas réductible, mais que le réactif titrant l'est, l'addition d'un milieu base n'est pas généralement nécessaire. L'addition d'un suppresseur de maximum est nécessaire dans de nombreux cas.

Il va sans dire que si les caractéristiques polarographiques des réactifs engagés dans la titration ne sont pas connues, il faut commencer par les établir.

2° *Méthode du Dead-Stop End Point.*

L'appareil nécessaire à la mise en œuvre de cette méthode est très simple ; il suffit d'une pile sèche, d'une résistance variable, d'un galvanomètre sensible (0,5 μ A/div.) et de deux électrodes identiques de platine brillant. On applique une très faible d. d. p. entre les deux électrodes ; pour qu'un courant passe et fasse dévier l'aiguille du galvanomètre, il faut qu'il y ait simultanément dépolarisation anodique et cathodique, ce qui explique l'exiguïté de champ d'application de cette méthode.

Elle est surtout utilisée pour la détermination très précise du terme des titrages iodométriques et, à ce titre, est employée avec succès dans la détermination de la teneur en eau au moyen du réactif de Karl Fischer.

3° *Ampérométrie simplifiée.*

Le montage est réduit au minimum. On n'utilise pas de source extérieure de courant ; les deux électrodes, construites de métaux différents sont reliées directement aux bornes d'un galvanomètre sensible. Les couples platine-

tungstène et platine-argent représentent les systèmes bi-métalliques les plus utilisés. Le premier est utilisé dans la bromatométrie de l'oxine (déviation brusque de l'aiguille du galvanomètre en présence de brome en excès) ; le second, dans le dosage du manganèse par le permanganate de potassium. (L'électrode de platine n'est dépolarisée qu'à partir du moment où la solution contient des ions MnO_4^- en excès).

C. *Domaine d'application.*

Les méthodes ampérométriques permettent une extension assez considérable du champ d'application des méthodes polarographiques. De nombreuses substances qui ne fournissent pas d'onde polarographique ou qui donnent lieu à l'apparition d'une onde défectueuse, peuvent être déterminées ampérométriquement si elles peuvent réagir avec une substance réductible ou oxydable à l'électrode à gouttes de mercure.

Citons parmi les nombreuses méthodes déjà mises au point :

— titration des sulfates par un sel de plomb [129]
— titration des chlorures par $AgNO_3$ (utilisée pour le dosage de Aldrine et Dieldrine) [76]
— titration du potassium par la dipicrylamine [115]
— titration du barium par le chromate de potassium [73]
— titration de Mg^{2+} par la 8-oxyquinoléine [74]
— titration des phosphates par l'oxyperchlorate de Bi [101]
— titration de Ca^{2+} par acide picrolonique [17]
— titration des fluorures par le nitrate de thorium ou le nitrate de lanthane [80]
— titration des salicylates par un sel mercurique [63]
— titration des tartrates par un sel de plomb [64]
— titration des mercaptans par $AgNO_3$ [71]
— titration de Cu^{2+} par l'α -nitroso-β-napthol [72]
— titration de Cu^{2+} par la salycyladoxime [102]
— titration de α -tocopherol par $AuCl_3$ [125].

D. *Avantages des méthodes ampérométriques.*

1° Possibilité de titrage de solutions très diluées (1.10^{-5}M) leur assurant, de ce fait, une nette supériorité sur les méthodes potentiométriques.

2° Précision excellente, supérieure à celle de la polarographie et comparable à celle de la volumétrie classique.

3° Extension du champ d'application de la polarographie.

4° La présence d'électrolytes étrangers, si préjudiciable à la précision des titrations conductométriques est, au contraire, souvent nécessaire dans les titrations ampérométriques pour éliminer le courant de migration.

5° La possibilité d'utiliser des réactions génératrices de précipités à haut produit de solubilité, leur assure une incontestable supériorité sur les méthodes potentiométriques.

6° L'appareillage est beaucoup plus simple qu'en polarographie ; il est inutile d'exercer un contrôle rigoureux de la température et de connaître les caractéristiques du capillaire.

Les inconvénients rencontrés sont le lot de toutes les méthodes de titrages : erreurs de volume, coprécipitation, adsorption, etc ...

De plus, la présence d'un excès de substances étrangères qui n'interfèrent pas avec la réaction de titration mais qui sont réductibles ou oxydables au potentiel choisi pour la titration, diminue fortement la précision de la mesure du terme de la réaction, car les changements relatifs de courant deviennent, dans ces conditions, beaucoup moins importants.

III. L'électrolyse a potentiel contrôlé.

La déposition électrogravimétrique simple des métaux est largement utilisée dans les laboratoires d'analyse agricole. La détermination du cuivre présent dans certains fongicides s'effectue classiquement par ce procédé. Par contre, l'électrolyse à potentiel contrôlé dont nous allons montrer la supériorité sur l'électrolyse traditionnelle, est à peu près inconnue, ou peu s'en faut ! Elle partage d'ailleurs ce privilège immérité avec les méthodes coulométriques.

A. *Principe de la méthode.*

On sait que la tension de décomposition d'un électrolyte en solution aqueuse, c'est-à-dire la différence de potentiel qu'il faut appliquer entre les électrodes pour que l'électrolyse ait lieu, est donnée par la formule :

$$E_d = (E_A - E_c) + S_A + S_c$$

où E_c et E_A représentent respectivement le potentiel de la cathode et le potentiel de l'anode, S_A la surtention anodique et S_c la surtension cathodique. En pratique, pour que l'électrolyse ait lieu, il faut encore ajouter à E_d, la chute de tension iR qui se produit au sein de la solution. La surtension cathodique provient du phénomène de polarisation de contentration dû à l'appauvrissement en cations au voisinage immédiat de la cathode. Cet état de surtension dépend fortement du degré d'agitation de la solution et de la température. La surtension anodique comprend 2 facteurs, à savoir la polarisation de concentration et la difficulté de formation des molécules d'oxygène à partir de l'oxygène atomique formé par l'électrolyse de l'eau (composante cinétique de la surtension, la plus importante).

Si nous envisageons le cas le plus fréquent du dépôt d'un métal sur la ca-

thode, l'équation de NERNST $E_c = E_0 + \frac{0.056}{n} \log (Me^{n+})$, indique que le potentiel de la cathode varie au cours de l'électrolyse ; en effet, les ions Me^{n+} disparaissant de la solution, il s'en suit un déplacement du potentiel cathodique vers les valeurs plus négatives. Ce déplacement ne présente aucun inconvénient si le métal électrolysé est seul en solution ; par contre, s'il est accompagné de métaux dont l'électroaffinité est peu différente de la sienne, ce déplacement ne peut manquer d'entraîner des conséquences désagréables. En effet, le potentiel de la cathode peut atteindre une valeur qui permette la réduction d'un métal moins noble que celui dont le dépôt est déjà partiellement réalisé sur la cathode. Il suffit, pour rendre impossible toute codéposition, de fixer le potentiel de la cathode à une valeur telle, que seul soit atteint le palier de diffusion (voir polarographie) du métal dont on souhaite le dépôt et de maintenir cette valeur pendant toute la durée de l'électrolyse.

B. *Technique et appareillage.*

On utilise, dans ce dessin, une cellule d'électrolyse pourvue de 3 électrodes : une cathode, siège de la réduction du métal, une anode (électrode auxiliaire) par où passe le courant nécessaire à l'électrolyse et une électrode de référence servant à mesurer le potentiel de la cathode. Le pont de jonction de l'électrode de référence est placé le plus près possible de la surface de la cathode pour rendre la chute ohmique la plus faible possible. En polarographie, la faible intensité du courant d'électrolyse rend inutile l'emploi d'une électrode auxiliaire.

Il existe actuellement dans le commerce des appareils connus sous le nom de potentiostats, capables de maintenir automatiquement le potentiel de la cathode à une valeur constante ; ils sont de manipulation très simple et ne demandent aucune surveillance.

L'électrolyse est terminée lorsque le courant qui traverse la cellule atteint une valeur constante, proche du zéro.

Le choix de la cathode dépend du but poursuivi. S'il est nécessaire de peser le métal déposé, on choisit une électrode de platine formée d'un tissu à mailles serrées et enroulé en cylindre ; dans le cas d'une simple séparation, on utilise comme cathode, une large surface de mercure. Quel que soit le type d'électrode utilisé, les solutions doivent être vigoureusement agitées pour diminuer à la fois la polarisation de concentration et la durée de l'électrolyse.

Dans le cas de la cathode de mercure, l'agitation est assurée au moyen d'un agitateur dont les pales sont partiellement immergées dans le mercure.

Ordinairement, le potentiel de contrôle ne doit pas différer de plus de 200 mV du potentiel de décomposition pour obtenir une électrolyse rapide. Cette différence de potentiel est suffisante, même pour les réactions irréversibles.

La détermination du potentiel de dépôt, peut en principe, s'effectuer à

partir de la liste des potentiels standards. Pratiquement, un choix réalisé de cette manière est très aléatoire. En effet, les valeurs des potentiels standards trouvés dans les tables sont calculées sur la base de systèmes réversibles (surtension négligeable) et en tenant compte de l'activité des espèces réagissantes. Or, ni les surtensions, ni les activité ne sont connues en pratique. La manière la plus simple et la plus proche des conditions expérimentales, consiste à tracer, au moyen d'un polarographe, la courbe de polarisation du métal à déposer. On utilisera, suivant les cas, une électrode de platine ou une électrode à gouttes de mercure.

Inversement, l'électrolyse à potentiel contrôlé peut rendre de grands services dans le cadre de l'analyse polarographique. Par exemple, quand on désire déterminer de faibles quantités de plomb à côté de grandes quantités de cuivre, on se trouve placé dans des conditions de travail très défavorables. En effet, dans tous les milieux de base couramment utilisés, l'examen des courbes de polarisation révèle que la vague de réduction du cuivre, précède celle du plomb. Si la concentration en cuivre de la solution est importante, le dispositif de compensation présent sur tous les polarographes est incapable de compenser complètement la vague du cuivre ; dans ces conditions, le dosage du plomb ne peut s'effectuer avec précision.

C'est dans de pareils cas que l'électrolyse à potentiel contrôlé peut être d'un grand secours. Il suffit d'électrolyser la liqueur contenant en solution le cuivre et le plomb à un potentiel choisi et maintenu de telle manière que seul le cuivre soit déposé à la cathode. Le cuivre étant ainsi éliminé de la solution, l'enregistrement du polarogramme de plomb n'offre plus de difficultés. La séparation Cu-Pb, pourrait s'effectuer par l'intermédiaire d'un réactif formant avec le cuivre un composé insoluble. Cependant, cette façon de procéder risque de provoquer l'élimination d'une partie plus ou moins importante du plomb, par suite d'adsorption ou de coprécipitation. De plus, l'addition d'un réactif à la solution risque de compliquer l'analyse polarographique.

L'électrolyse à potentiel contrôlé sur cathode de mercure constitue également un moyen très élégant de purification des réactifs. Les qualités dites « pro analysi » contiennent toujours des impuretés métalliques (Cu, Pb, Zn ...) très gênantes dans le cas d'analyses de traces. Il suffit d'électrolyser à un potentiel convenable une solution du réactif pour éliminer les métaux gênants. Nulle autre méthode ne peut réaliser cette purification de manière aussi simple !

De plus, autre supériorité de l'électrolyse à potentiel contrôlé sur la vieille méthode à « courant constant », les dépôts métalliques réalisés sur cathode de platine, sont plus adhérents et résistent mieux aux nécessaires opérations de lavages. L'amélioration de l'adhérence permet de réaliser avec une précision accrue l'électrogravimétrie du plomb et du cadmium, ces deux métaux ayant tendance à former des dépôts rugueux, assez facilement détachables lorsque le potentiel n'a pas été contrôlé.

Le tableau suivant donne une idée des séparations et des déterminations qu'il est aisément possible d'effectuer au moyen d'un potentiostat.

Métal	Séparé de	Electrolyte	Ec (S. C. E.) volt	Référence
Ag	Cu + métaux de base	HAc — NaAc	— 0,1	(119)
Cu	Bi, Sb, Pb, Sn, Ni et métaux de base	Tartrate + N_2H_4 et Cl^- (pH : 5,2-6,0)	— 0,30	(85)
Bi	Pb, Sn, Sb + métaux de base	idem	— 0,40	(85)
Sb	Pb, Sn + métaux de base	HCl + N_2H_4 (70°)	— 0,35	(120)
Pb	Cd, Sn, Ni, Zn, Mn, Al, Fe	Tartrate + N_2H_4 (pH : 4-6)	— 0,60	(85)
Cd	Zn	HAc — NaAc	— 0,80	(114)
Ni	Zn, Al, Fe	Tartrate ammoniacal + Na_2SO_3	— 1,10	(136)

Remarques :

1° L'électrolyse interne est une forme d'électrolyse à potentiel contrôlé. Le potentiel d'électrolyse est contrôlé par le choix d'une anode appropriée. Elle a été décrite par Ullgren [139] qui démontra qu'il était possible de déposer électrogravimétriquement le cuivre sans source extérieure d'énergie électrique. Une cathode de platine est immergée dans une solution cuivrique et une électrode de zinc dans une solution de sulfate de zinc (séparée de la solution cuivrique par un diaphragme poreux). En court-circuitant les deux électrodes, la réaction suivante a lieu spontanément :

$$Zn + Cu^{++} = Zn^{++} + Cu$$

Il est possible de doser par ce procédé simple d'assez nombreux métaux, parmi lesquels : Ag, Cu, Hg, Bi, Sb, Sn, Pb, Ni, Co, Cd et Zn. L'avantage de la méthode est de ne nécessiter aucune source de courant. Malheureusement, la formation des dépôts demande un temps considérable.

2° L'électrographie est due aux travaux simultanés de Fritz [30] et de Glazunov [37]. Son intérêt est presqu'exclusivement métallographique. La surface polie d'un specimen du métal étudié est pressée fermement sur une feuille de papier posé sur un socle en aluminium et humectée d'un électrolyte contenant un réactif colorimétrique ; on applique pendant quelques secondes un différence de potentiel convenable entre le socle en aluminium et le métal étudié (anode) ; on obtient sur le papier une image structurale de la surface du métal. Elle peut servir également à l'étude de la structure de sections fraîches de tissus végétaux ou animaux.

C. *Avantages de l'électrolyse à potentiel contrôlé.*

1° Possibilités de séparations et de dosage simultanés de plusieurs métaux.
2° Purification aisée des réactifs.
3° Amélioration des qualités physiques de dépôts.
4° Élimination de dépolariseurs gênants en polarographie

IV. La Coulométrie.

Comme son nom l'indique, la coulométrie est une méthode d'analyse fondée sur la mesure d'une quantité d'électricité.

Elle se subdivise en deux catégories :

— la coulométrie à potentiel contrôlé
— la coulométrie à intensité constante.

A. *La Coulométrie à potentiel contrôlé.*

Cette méthode expérimentée pour la première fois par Hickling [51] diffère peu de l'électrolyse à potentiel contrôlé. L'appareillage comporte une cathode de mercure, une anode d'argent spiralée et un potentiostat. Les solutions doivent être débarrassées de l'oxygène dissous, (différence avec l'électrolyse), qui interfère avec la plupart des éléments.

Supposons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse de déterminer par coulométrie la concentration en cuivre d'une solution de sulfate de cuivre, contenant de l'acide sulfurique à la concentration 0,5 N. Le $E_{\frac{1}{2}}$ de l'onde polarographique de Cu^{++} dans ce milieu se situe à 0,0 volt S. C. E. Si le potentiel de la cathode est fixé à – 0,2 volt le courant de diffusion de Cu^{++} est atteint. Effectuons l'électrolyse à ce potentiel. La concentration en ions Cu^{++} décroît idéalement en fonction du temps suivant la loi :

$$i_t = i_0 . 10^{-kt}$$

L'électrolyse est terminée lorsque l'intensité du courant est égale à zéro. (Il subsiste en réalité un léger courant résiduel).

Jusqu'ici, hormis la désoxygénation, la technique ne diffère en rien d'une électrolyse à potentiel contrôlé. La seule différence réside dans le procédé d'estimation de la quantité de cuivre présente dans la solution. Dans le cas de l'électrolyse, cette estimation s'effectue par pesée (la cathode de mercure étant remplacé par une électrode en platine). En coulométrie, on se contente de mesurer au moyen d'un coulomètre placé en série, la quantité d'électricité qui a dû traverser la solution pour provoquer la réduction complète des ions Cu^{++} qu'elle contenait. Le coulomètre le plus pratique est le coulomètre oxygène-hydrogène à lecture directe (0,1739 cc par coulomb). Lorsque le nombre

de coulombs à mesurer est inférieur à 10, le coulomètre à gaz est remplacé par un coulomètre à titration ou un coulomètre colorimétrique.

Si le cuivre n'est pas seul en solution, il faut, comme dans l'électrolyse à potentiel contrôlé, connaître les courbes de polarisation des autres ions présents. Si le potentiel de demi-onde de l'un ou de l'autre de ces ions est trop voisin de celui de l'ion Cu^{++}, la méthode coulométrique est inapplicable ; le rendement en courant de la réaction $Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu_0$ n'est plus de 100%.

En principe, la méthode peut être étendue à un grand nombre de cas ; en pratique, son champ d'application est limité par les possibilités d'interférence dont il vient d'être question. De plus, la méthode est longue, car les courants diminuent fortement d'intensité vers la fin de l'électrolyse. Il est intéressant de signaler que la coulométrie à potentiel contrôlé permet de déterminer le nombre d'électrons échangés au cours d'une réaction électrochimique. Cette détermination ne peut s'effectuer par polarographie que si le coefficient de diffusion de la substance réagissant à l'électrode est connu ; ce n'est pas souvent le cas. D'autre part, le calcul de n à partir de la pente des courbes de dépolasation n'est valable que pour des réactions réversibles et des valeurs de n faibles.

La méthode coulométrique ne subit pas toutes ces limitations. Il suffit de soumettre à l'électrolyse une solution de concentration connue du composé étudié et de mesurer la quantité d'électricité nécessaire pour obtenir une électrolyse complète.

Le développement actuel de la coulométrie à potentiel contrôlé est peu considérable ; il faut en voir la cause dans l'emploi obligatoire des coulomètres (il existe depuis peu un appareil permettant l'intégration automatique de la surface délimitée entre les axes de coordonnées par la courbe de décroissance du courant en fonction du temps) et dans la longueur des opérations. Le succès remporté par la coulométrie à intensité constante, est beaucoup plus considérable.

B. *La Coulométrie à courant constant.*

Dans cette méthode due à Szebelledy et Somogyi [133], l'intensité du courant d'électrolyse est maintenue à une valeur connue ; la mesure des quantités d'électricité se ramène, par conséquent, à une mesure de temps ; le chronomètre se substitue aux appareils coûteux ou de manipulation délicate exigés par la méthode précédente.

Le corps à doser A ne se détermine plus directement, mais par réaction quantitative avec un réactif B, produit par électrolyse au sein de la solution. La fin de la réaction de dosage est déterminée suivant la nature des composés mis en jeu, soit visuellement, soit par potentiométrie, par spectrophotométrie ou, le plus souvent, par ampérométrie.

Par exemple, As^{3+} sera déterminé par oxydation au moyen du brome provenant de l'électrolyse d'une solution de bromure de potassium. Deux paires

d'électrodes plongent dans la solution : deux électrodes dites génératrices par où passe le courant d'électrolyse et deux électrodes dites indicatrices, entre lesquelles on applique une faible différence de potentiel (méthode dead stop de détermination du point final). La solution doit être agitée vigoureusement pendant toute la durée de l'électrolyse. La réaction d'électrolyse est déclenchée au moyen d'un chronomètre intercalé dans le circuit ; le brome produit est immédiatement consommé dans la réaction d'oxydation des ions As^{3+}. Au terme tous les ions As^{3+} sont oxydés et le brome libre, apparaissant dans la solution, un courant commence à passer entre les 2 électrodes indicatrices. A ce moment, le courant d'électrolyse est interrompu et on note la valeur du courant qui traverse les électrodes indicatrices. Le courant d'électrolyse est ensuite rétabli trois ou quatre fois, à intervalles assez rapprochés, on note chaque fois la valeur du courant débité par les électrodes indicatrices, puis on établit le graphique de la variation de ce courant en fonction du temps

Le prolongement de la partie ascendante de la courbe ainsi obtenue coupe l'axe des temps en un point t qui correspond au temps nécessaire pour réaliser, au moyen d'un courant d'intensité i, l'oxydation complète des ions As^{3+}. La quantité de courant correspondante, corrigée de la valeur de l'essai à blanc, se déduit immédiatement de la valeur de i et de t ($Q = i \times t$).

Dans de nombreux cas les solutions doivent être désoxygénées et la cathode génératrice doit être isolée de la solution pour éviter la réduction de la substance à déterminer.

Le tableau suivant rassemble les principales applications de la méthode. Les réactifs produits peuvent, comme on peut le constater, intervenir dans des réactions d'oxydo-réduction, des réactions acide-base ou des réactions de précipitation.

Substance électrolysée	Produit de l'électrolyse	Substances titrées
Br^-	Br_2	As^3 (93), Sb^{3+} (9), I^- (149), Tl^+ (11), U^{4+} (13), Aniline (82), thiodiglycol (121)
I^-	I_2	As_3^+ (109), S_3O_3 (138)
Cl^-	Cl_2	As_3^+ (25), acides gras non saturés (21)
Ag	Ag^+	Halogénures (84), mercaptans (85)
Ce^{3+}	Ce^{4+}	Fe^{++} (23), U_4^+ (33), hydroquinone (34) amino-phénol (135)
Fe^{3+}	Fe^{2+}	MnO_4^- (18), Vo_3^- (32)
Ti^{4+}	Ti^{3+}	Fe^{3+} (98)
$Fe(CN)_6^{--}$	$Fe(CN)_6^{--}$	Zn^{2+} (83)
H_2O	H_3O^+	Bases (105)
H_2O	OH^-	Acides (105)

Les seules conditions absolument nécessaires d'utilisation sont :

1° le réactif titrant doit être produit avec un rendement en courant de 100%.

2° Il doit être capable de réagir instantanément avec le corps à titrer.

La méthode coulométrique à intensité constante est extrêmement sensible. Il existe actuellement des générateurs permettant la production de courant d'électrolyse inférieurs à 1 mA. Par exemple, un courant de 0,5 mA, appliqué pendant 10 secondes, correspond à 0,005 coulomb. Soit 0,0518 micro-équivalent (2,5 μg dans le cas d'une substance de poids équivalent = 50).

C. *Avantages de la coulométrie à intensité constante.*

1° Suppression de la préparation de solutions titrantes de concentration connue. Ce sont, en coulométrie, les électrons qui constituent l'unité de mesure. Cet avantage est considérable. On perd souvent de vue quelle perte de temps représente la préparation des solutions titrées.

2° Emploi aisé de réactifs instables. Personne n'ignore, par exemple, la difficulté de conserver vierge de toute oxydation, une solution titaneuse. En coulométrie, les réactifs sont consommés au fur et à mesure de leur préparation.

3° Facilité de micro-addition de réactifs.
Il est possible d'injecter dans la solution des courants d'intensité extrêmement faible et partant, de provoquer la réduction ou l'oxydation de quantités infinitésimales de réactifs.

4° Pas de dilution.
Cet avantage est évident, puisque le réactif est produit au sein même de la solution, par le simple passage du courant.

5° Haute sensibilité et précision.
Par exemple, il est possible de produire une quantité de NaOH de l'ordre de 10^{-7} M connue à 1% près ; Ag^{+} a été dosé dans 25 cc de solution jusquà des teneurs de 5.10^{-11} g ; Mn^{++} jusqu'à 5.10^{-10} g à 5% près, dans 1 cc de solution.

6° Rapidité.
La méthode ne demande pas plus de temps qu'une titration volumétrique ordinaire.

7° Possibilité de rendre les titrations automatiques.
Cet avantage est commun à la plupart des méthodes d'électrotitrage.

V. La Chronopotentiométrie.

On a vu (p. 160) que le potentiel appliqué à une cellule d'électrolyse varie en fonction du temps. Cette variation, indésirable dans les opérations électrogravimétriques, est au contraire mise à profit en chronopotentiométrie, méthode récente dont les possibilités analytiques ont été mises en évidence par Gierst et Juliard [49].

La solution à analyser est soumise à une électrolyse à courant constant ; la principe de la méthode consiste à suivre la variation du potentiel en fonction du temps. La figure 8 représente la variation du potentiel cathodique dans le cas de la réduction d'un sel ferrique, dissous dans HCl 1 M. Le potentiel de la cathode obéit à la relation :

$$E_c = E_o + 0.059 \log \left(\frac{Fe^{+++}}{Fe^{++}} \right)$$

Au début de l'électrolyse, la solution ne contient pas de sel ferreux : le potentiel cathodique est maximum. Au fur et à mesure que l'électrolyse progresse, le rapport Fe^{+++}/Fe^{++} diminue, entraînant une diminution correspondante de E_c (voir graphique). Au terme, la concentration en Fe^{+++} de la couche de diffusion devient nulle, c'est-à-dire que les ions Fe^{+++} sont réduits au fur et à mesure de leur arrivée à la surface de la cathode ; cet état extrême de polarisation de concentration se traduit par une chute rapide du potentiel de la cathode. Cette chute est arrêtée par la réduction d'un autre ion, plus difficilement réductible ; sur le graphique S, ce rôle est joué par les ions H^+ provenant de HCl.

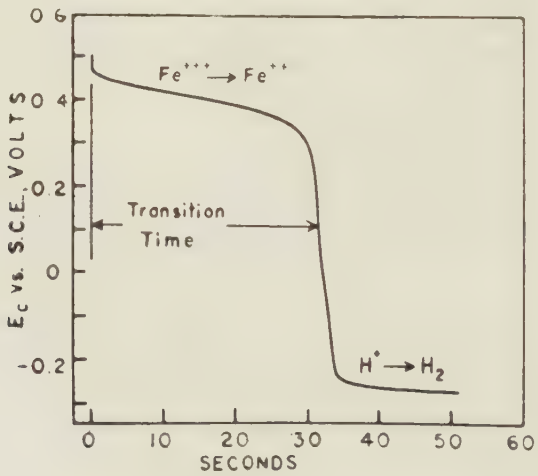


Fig. 8.

Le temps de transition t, expérimentalement défini dans la figure 8, dépend de la concentration de la substance électroactive, de la densité de courant à l'électrode de travail et de l'état d'oxydation de la solution. Si les conditions expérimentales sont maintenues constantes, la détermination de t peut servir à la mesure de la concentration de la substance électrolysée.

Malheureusement, le temps de transition d'une substance est augmenté par la réduction antérieure d'une autre substance. L'existence de ce phénomène limite les possibilités d'application de la méthode chronopotentiométrique.

De plus, les expériences réalisées jusqu'à présent, semblent indiquer que la méthode n'est pas en place lorsque la concentration est inférieure à 1.10^{-4}M. Les possibilités analytiques de la chronopotentiométrie paraissent donc assez limitées.

Par contre, elle permet une étude approfondie des réactions d'électrodes.

Conclusions.

Souhaitons que cet exposé succinct persuade le chimiste qui se sera plu à le lire, de la valeur considérable des méthodes électrochimiques d'analyses basées sur l'électrolyse. Parmi elles, la polarographie, l'ampérométrie, l'électrolyse à potentiel contrôlé et la titration coulométrique à intensité constante doivent être mise en exergue. Elles partagent avec les méthodes spectrales et les méthodes chromatographiques le privilège de constituer l'assise essentielle sur laquelle repose toute la chimie analytique moderne. Qui les ignore se prive d'un réactif universel, inaltérable et qu'aucun autre ne peut concurrencer : l'électron.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bachman V. J., *Gidrokhim Mineral*, **18**, 59 (1950).
[2] Ballenger H. F., *U. S. Govt. Publ.* AECD-**20**, 65 (1944).
[3] Barrenscheen H. K. et Frey M., Mikrochemie Pregl. *Fortschrit* **1** (1929).
[4] Batmanova O. Ya., *Gigena i Sanit*, n° **12**, 17 (1951).
[5] Baltes J., Schweitzer D. et Wierz P., Fetten Seifen, *Anstrichmittel*, **55**, 457 (1953).
[6] Bowen C. V. et Edwards F. I., *Anal. Chem.* **22**, 706 (1950).
[7] Březina P. et Zuman P., Polarography in Medecine Biochemistry and Pharmacy, *Interscience Publ.* N-Y, 234 (1958).

[8] Březina M. et Zuman P., Polarography in Medecine, Biochemistry and Pharmacy, *Interscience Publ.* N-Y, 296 (1958).
[9] Brown R. A. et Swift E. H., *J. Am. Chem. Soc.* **71**, 2717 (1949).
[10] Butts P. G. et Millon M. G., *Servage and Ind. Wastes*, **23**, 59 (1951).
[11] Buck R. P., Farrington P. S. et Swift E. H., *Anal. Chem.* **24**, 1195 (1952).
[12] Carrit D. E., *Anal. Chem.* **25**, 1927 (1953).
[13] Carson W. N. Jr., *Anal. Chem.* **25**, 466 (1953).
[14] Cerny K., *Shornik lst celostatni pracovni konf anal. Chemiker*, Prague 1952, 279 (1953).
[15] Cholak J. et Mc Nary R., *J. Ind. Hyg. Toxicol.* **25**, 354 (1943).
[16] Cielszky V. et Lindner K., *Acta sci Hungar*, **1**, 343 (1951).
[17] Cohn G. et Kolthoff I. M., *J. Biol. Chem.* **148**, 711 (1943).
[18] Cooke W. D., Reilly C. N. et Furman N. H., *Anal. Chem.* **23**, 1662 (1951).
[19] Coulson D., Crowell D. M., et Wartman T. G., *Science*, **113**, 658 (1951).
[20] Cozzi D., *Ann. Chim. Appl.* **29**, 434 (1939).
[21] Cuta F. et Kucera Z., *Chem. Listy*, **47**, 1166 (1953).
[22] de Salas S. M., *Rev. Obras Sanit. nacion* (Buenos Aires) **15**, 23 (1951).
[23] Dilts R. et Furman N. H., *Anal. Chem.* **27**, 1275 (1955).
[24] Elving P. J., Warshowsky E., Shoemacker E. et Margolit J., *Anal. Chem.* **25** (1948).
[25] Farrington P. S. et Swift E. H., *Anal. Chem.* **22**, 889 (1950).
[26] Feigl, *Chem. Ztg.* **43**, 861 (1919).
[27] Fedorova O. G., *Trans. Inst. Chem. Techn.* Ivanovo, **2**, 40 (1939).
[28] Fischer H., *Ber.* **17**, 641 (1884).
[29] Fischer H., *Angev. Chem.* **50**, 919 (1937).
[30] Fritz H., *Z. Anal. Chem.* **78**, 418 (1929).
[31] Fukami H. et Nakazima M., *Botgu-Kagaku*, **18**, 5 (1953).
[32] Furman N. H., Reilly C. N. et Cooke W. D., *Anal. Chem.* **23**, 1665 (1951).
[33] Furman N. H. et Schoonover J. C., *J. Am. Chem. Soc.* **73**, 2561 (1951).
[34] Furman N. H et Adams R. N., *Anal. Chem.* **25**, 1564 (1953)
[35] Gal T., *Prumysk Potravin*, **5**, 152, 206 (1954).
[36] Godfrey P. R., Parker E. H. et Quachenbush F W., *Anal. Chem.* **23**, 1850 (1951).
[37] Glazunov A., *Chim.* et *Ind. Spec.* n° 425 (1929).
[38] Gierst L. et Juliard A., *Proc. Intern. Comittee of Electrochemical Thermodynamics and Kinetics*, 2d Meet. Milan, 1950, p. 117-279.
[39] Gorbach S. et Bock R., *Z. Für Anal. Chem.* **6**, 429 (1958).
[40] Hanus V., Polarography in Medecine, Biochemistry and Pharmacy, *Interscience Publ.* N-Y, 285 (1958).
[41] Hahn, *Politechmika*, **1**, 29 (1936).
[42] Gullstrohm D. K. et Burchfield H. P., *Anal. Chem.* **20**, 1174 (1948).
[43] Heyrovský, *Chem. Listy*, **16**, 256 (1922).
[44] Heyrovský J., *Polarographie* — Walter de Gruyter — Wien (1940).
[45] Heyrovský J. et Zuman P., *Einführung in die praktische Polarographie* Veb Verlag Technik — Berlin (1959).
[46] Heyrovský J., *Acta Chim. Acad Sci. Hung.* **9**, 73 (1956).
[47] Heyrovský J., *Osterr. Chemiker Ztg.*, **58**, 94 (1957).

[48] Heyrovský J. et Smoler I., *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.* **4**, 521 (1932).
[49] Heyrovský J. et Smoler I., *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.* **4**, 521 (1932).
[51] Hickling A., *Trans. Faraday Soc.* **38**, 27 (1942).
[52] Hutton J. T. et Patton S., *J. Dairy Sci.* **35**, 639 (1952).
[53] Jeness R. et Larson B. L., *J. Dairy Sci.* **33**, 890 (1950).
[54] Johnstone F. B. et Buckmaster R. W., *Chem. Canada*, **1**, 38 (1949).
[55] Jones G. B., *Anal. Chim. Acta* **7**, 578 (1952).
[56] Jones G. B., *Anal. Chim. Acta* **11**, 88 (1954).
[57] Jones F. R. et Brasher D. M., *Analyst*, **72**, 423 (1947).
[58] Jones G. B., *Anal. Chim. Acta*, **10**, 584, (1954).
[59] Kalvoda R. et Mackv J., *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.* **20**, 254 (1955).
[60] Kalvoda, *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.* **20**, 1503 (1955).
[61] Kalvoda R., *Acta Chim. Acad. Sci. Hung.* **9**, 93 (1956).
[62] Kalvoda R., *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.* **22**, 1390 (1957).
[63] Kalvoda R. et Zyka J., *Ceskoslov. farmacie*, **1**, 515 (1952).
[64] Kalvoda R. et Zyka J., *Ceskoslov. farmacie* **2**, 14 (1953).
[65] Khlopin, *Zavodskaga Lab.* **14**, 156 (1948).
[66] Khlopin N. Ya., *Trudy Komissu Anal. Khim. Akad. Nauk S. S. S. R.* **4** (VII) 75 (1952).
[67] Khlopin N. Ya., *Zavodskaya Lab.*, **14**, 156 (1948).
[68] Knobloch E., *Vestnik kralov. Ceske Spolecnosti nauk Trida mat. priro.*, n° 5 (1945).
[69] Knobloch E., Macha F. et Mnoucek K., *Anal. Chem.* **24**, 917 (1952).
[70] Kolthoff I. M. et Lingane J. J., Polarography (2 vol.) *Interscience Publ.* N-Y (1952).
[71] Kolthoff I. M. et Harris W. E., *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* **18**, 161 (1946).
[72] Kolthoff I. M. et Langer A., *J. Am. Chem. Soc.* **62**, 3172 (1940).
[73] Kolthoff I. M et Gregor H P , *Anal. Chem.* **20**, 541 (1948).
[74] Kolthoff I. M. et Lingane J., Polarography Vol. II p. 927, *Interscience Publ.* N-Y, (1952).
[75] Komar N., *Zavodskaya Lab* **6**, 1074 (1937).
[76] Korshunov I. A. et Gurevich A. G., *Zavodskaya Lab.* **11**, 648 (1945).
[77] Kogan I. B. et Makhover S. L., *Gigiena i Sanit.* n° **2**, 52 (1954).
[78] Kulberg L. M., *Zavodskaya Lab.* **7**, 905 (1938).
[79] Kuta J., *Zeitschr. für Pflz. Chem.* **58**, Sonderheft (1958).
[80] Langer A., Ind. Eng. Chem., *Anal. Ed.* **12**, 411 (1940).
[81] Lewis W. R., Quackenbush F. W. et de Vries R., *Anal. Chem.* **21**, 762 (1949).
[82] Lingane J. J. et Anson F. C., *Anal. Chem.* **28**, 1871 (1956).
[83] Lingane J. J. et Hartley M., *Anal. Chem. Acta* **11**, 475 (1954).
[84] Lingane J. J., *Anal. Chem.* **26**, 622 (1954).
[85] Leisey F. A., *Anal. Chem.* **26**, 1607 (1954).
[86] Mainzhausen L., *Bodenkunde und Pflanzenernahr.* **14**, 290 (1939).
[87] Malyuga D. P., *Trudy Vseogoz Konferents Anal. Khim.* **2**, 493 (1943).
[88] Malyuga D. P., *Acad. Sci U. R. S. S.* **31**, 145 (1941).
[89] Malyuga D. P., *Trudy Biogeokhim. Lab. Akad. Nauk S. S. S. R.* **8**, 73 (1946).
[90] Malyuga D. P., *Doklady Akad. Nauk. S. S. S. R.* **43**, 216 (1944).

[91] Malyuga D. P., *Schurn Obsch. Chim.*, **13**, 391 (1943).
[92] Mackinney G. et Temmer O., *J. Am. Chem. Soc.* **70**, 3586 (1948).
[93] Meyers R. J. et Swift E., *J. Am. Chem. Soc.* **70**, 1047 (1948).
[94] Meites L. Polarographic Technics, *Interscience Publ.* N-Y (1955).
[95] Milner G. W. C., *The Principles and Applications of Polarography*, Longmans green and Co (1957).
[96] Monnier D., Reusgen L. et Monnier R., *Anal. Chim. Acta* **4**, 309 (1950).
[97] Munsche D., *Z. Pflanzenernähr Düng Bodenk.* **62**, 229 (1953).
[98] Malmstadt H. V. et Roberts C. B., *Anal. Chem.* **28**, 1408 (1956).
[99] Nangniot P., Travaux non publiés.
[100] Nemec A., *Lesnicka prace*, **30**, 214 (1951).
[101] Neuberger A., *Z. Anal. Chem.* **116**, 1, (1939).
[102] Neuberger A., *Arch. Eisenhüttenw.* **13**, 171 (1939).
[103] Oiwa T., *Study of Polarography*, **2**, 84 (1954).
[104] Okac A., *Bodenk. Forsch.* **7**, 227 (1944).
[105] Page J. A. et Lingane J. T., *Anal. Chim. Acta* **16**, 175 (1957).
[106] Prat S., *Preslia*, **6**, 72 (1928).
[107] Prat S., Babieka J. et Polivkova J., *Spisy prirodevedecke fok. Karl Univ.* (Prague) n° 121 (1932).
[108] Proske G., *Z. Untersuch. debensm* **71**, 385 (1936).
[109] Ramsay W. J., Farrington P. S. et Swift E. H., *Anal. Chem.* **22**, 332 (1950).
[110] Reed J. F. et Cummings R. W., *Ind. Chem. Anal. Ed.* **13**, 124-127 (1941).
[111] Reznikov A. A., *Trudy Vsesegaz Konferents Anal. Khim.* **2**, 573 (1943).
[112] Říha J., *Collection Czechoslov. Chem. Comm.* **16**, 480 (1951).
[113] Salac V., *Böhm. Bierbrauerei* **63**, 383 (1936).
[114] Sand H. J. S., *Electrochemistry and Electrochemical Analyses*, Blackie and Son, Ltd. London, Vol. II, 1940.
[115] Sandberg B., *Svenk. Kem. Tid*, **58**, 197 (1946).
[116] Sandegren E., Suominen H. S. et Ekstrom D., *Acta. Chem. Scand.* **3**, 1027 (1949).
[117] Sandegren E., Ekstrom D. et Nielsen N., *Acta Chem. Scand.* **4**, 1311 (1950).
[118] Schroter K., *Forschungsdienst Sonder-H*, **15**, 45 (1941).
[119] Schleicher A., *Elektroanalytische Schnellmethoden*, F. Enke Stuttgart (1947).
[120] Schoch E. P., Brown D. G., *J. Am. Chem. Soc.* **38**, 1660 (1916).
[121] Sease J. W., Niemann C. et Swift E. H., *Anal. Chem.* **19**, 197 (1947).
[122] Semerano G. et Vianello E., *Ricerche in polarographic a oscillografica a variozone lineare di tensione presso il Centro Italiano di Studio per la polarografia del conziglio Nationale delle Ricerche.* Padova 30, gennaio 1959.
[123] Shoti K., *Bull. Agr. Chem. Soc. Japon*, **3**, 96 (1927).
[124] Silverman L., *Chem. Analyst*, **35**, 53 (1946).
[125] Smith L., Kolthoff I. M. et Pillane J., *J. Am. Chem. Soc.* **64**, 646 (1942).
[126] Smoler I. et Kuta J., *Zetischr. für Pfl. Chem.* 58, Sonderheft (1958).
[127] Soudain Y., *J. Sci Météorol.* 5, Nr 17, 16 (1953).
[128] Soudain Y., *J. Sci Météorol.* 3, 102 (1951).
[129] Spalenka M., *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.* **11**, 146 (1939).
[130] Stone K. G., et Furman N. H., *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* **16**, 596 (1944).

[131] Stout P. et Levy J., *Collect. Czechoslov. Chem. Comm.*, **10**, 136 (1938).
[132] Sugai M., *Mitt. Med. Akad. Kiata*, **29**, 175 (1940).
[133] Szebedelly L. et Somogyi Z., *Z. Anal. Chem.*, 112, 313, 323, 385, 392, 395, 400 (1938).
[134] Szyszko E. et Przybylski E., *Roczniki Panstavowego Zakladw. Hig* **5**, 383 (1954).
[135] Takahashi T., Kimoto K. et Sakurai H., *Rept. Inst. Ind. Sci.* **5**, 121 (1955).
[136] Torrance S., *Analyst*, 488 (1938).
[137] Trillat A., *Compte rendu* **136**, 1205 (1903).
[138] Tutundzic P. S. et Madenovic S., *Anal. Chim. Acta* **8**, 184 (1953).
[139] Ullgren C., *Z. Anal. Chem.* **7**, 442 (1868).
[140] Urone P. F., Druschel M. L. et Anders H. K., *Anal. Chem.* **22**, 472 (1950).
[141] Van Rysselberghe P., Mc Gee J. M., Gropp A. H., Lane R. W., *J. Am. Chem. Soc.* **69**, 809 (1947).
[142] Vavruch I., *Listy Cukrovarn* **62**, 59 (1945).
[143] Vigneron G., Perlinghi O. et Vandenbosch V., *Bull. Classe Sci. Acad. roy. Belg.* **32**, nº 10/11 564 (1946).
[144] Van der Meulen J. H., *Rev. Trav. Chim.* P. B. **58**, 841 (1939).
[145] Von Stackelberg M., *Polarographische Arbeitsmethoden. Walter de Gruyter*, Berlin (1950).
[146] Valenta P. et Vogel J., *Collection Czechoslov. Chem. Comm.* **21**, 502 (1956).
[147] Valenta P., *Zeitsch. für Phys. Chem.* 46, Sonderheft (1958).
[148] Wiesner K. et Schaterna K., *Chem. Listy* **38**, 211 (1944).
[149] Wooster W. S., Farrington P. S. et Swift E. H., *Anal. Chem.* **21**, 1457 (1949).
[150] Zak I., *Biedermans Zentr.* **14**, 301 (1942).

Bibliographie.

AMÉLIORATION DES PLANTES

N. A. K. *28ste Jaarverslag 1959-1960*. 203 p., Nederlandsche Algemeene Keuringsdienst, Bosrandweg 5, Wageningen, Hollande.

Le 28me rapport annuel du Service néerlandais de contrôle des semences agricoles et des plants de pomme de terre contient des données administratives, techniques et statistiques. Les superficies admises après contrôle pour la production de plants ou semences atteignent en 1959 les chiffres suivants :

pomme de terre	: 19.159 ha.
céréales d'hiver	: 10.982 ha.
céréales de printemps	: 16.509 ha.
pois	: 4.216 ha.
lin à fibre	: 11.406 ha.
betterave	: 3.000 ha.
graminées	: 7.050 ha.
divers	: 1.111 ha.

Parmi les 62 races de pommes de terre cultivées en Hollande, celles qui sont le plus cultivées pour la production de plants sont par ordre décroissant d'importance : Bintje, Eersteling, Sirtema, Voran, Record, Climax, Libertas, Eigenheimer, Alpha, Doré, Sientje.

Pour les autres plantes cultivées, la rapidité avec laquelle le cultivateur change de variété est beaucoup plus élevée ; des tableaux qui mentionnent les superficies emblavées pour production de semences au cours des années 1956 à 1959 sont très éloquents à ce point de vue. On peut cependant signaler la stabilité, au cours de cette période, de l'orge d'hiver Vinesco, du seigle d'hiver Petkus, du froment de printemps Peko, de l'orge de printemps Balder, de l'avoine Marne, du lin Wiera.

Des tableaux détaillés indiquent les superficies contrôlées par région agricole, les quantités de semences produites, l'évolution des surfaces emblavées depuis 1933 pour la production de semences, pour chacune des espèces cultivées.

DROIT RURAL

V. Renier. — *Nouveautés végétales et droit d'inventeur*. Annales de Droit et de Sciences Politiques, t. XX, nº 3, p. 253-273, 1960.

Le témoignage le plus abondant de la consécration des droits de la personnalité est ce qu'on a appelé la propriété intellectuelle ; un droit véritable est reconnu

sur les œuvres de l'esprit à celui qui en a la paternité. Ce fait est reconnu par la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme qui mentionne, à l'Article 87, alinéa 2 : « Chacun a droit à la protection des intérêts moraux et matériels découlant de toute création scientifique, littéraire ou artistique dont il est l'auteur ».

Le fondement du droit intellectuel est donc une création originale. Sa protection est assurée, non par une propriété à perpétuité comme pour les biens matériels, mais par une exclusivité temporaire d'exploitation.

Les brevets qui portent sur les inventions de la matière inerte ont depuis longtemps une existence légale mais dans le domaine des créations végétales ou animales, le problème est loin d'être résolu.

Les chercheurs créent chaque année de nouvelles races de plantes cultivées, par hybridations ou par mutations. Le problème juridique de la protection de ces obtentions végétales se pose.

Dans certains pays, les États-Unis d'Amérique par exemple, existent des lois sur les brevets de plantes.

En Belgique, certains obtenteurs ont déposé des demandes de brevet pour des nouveautés végétales à l'Office des Brevets, au Ministère des Affaires Économiques ; mais il ne suffit pas de déposer une demande de brevet pour en avoir tous les droits. Le dépôt est en effet une simple formalité qui se réalise sans enquête, les cas litigieux devant être tranchés par le juge.

L'article 1er de la loi de 1854 sur les brevets d'invention, la doctrine et la jurisprudence dégagent quatre conditions pour la validité d'un brevet : nouveauté, conforme à l'ordre public, susceptible d'exploitation industrielle et commerciale, produit de l'activité de l'homme.

L'auteur analyse les difficultés de mettre au point une législation adéquate ; celle-ci a cependant été définie lorsque des problèmes nouveaux se sont antérieurement posés (reproduction phonographique, radiodiffusion), et il est souhaitable que les réunions internationales qui se penchent sur le brevet végétal aboutissent à une solution qui contente toutes les parties intéressées.

En Belgique, le Tribunal de Termonde (2 mai 1958) a admis la validité de brevets déposés en Belgique pour des roses créées par un sélectionneur français.

ÉCONOMIE RURALE

Propriété terrienne 1935-1960. 42 p., 8 planches en noir et blanc, 4 planches en couleur, Société Nationale de la Petite Propriété Terrienne, Bruxelles.

La Société Nationale de la Petite Propriété Terrienne publie une élégante plaquette qui résume son activité au cours de ses vingt cinq années d'existence.

La S.N.P.P.T. est une société de statut public contrôlée par les Ministères de l'Agriculture, des Finances, de la Santé Publique et de la Famille. Ses activités sont diverses : elle prête aux familles de condition modeste qui envisagent la construction ou l'aménagement de petites propriétés terriennes et d'exploitations agricoles ; elle crée des quartiers verts comprenant des ensembles d'habitations complètement aménagés y compris la voirie, le lotissement, la construction ; elle améliore les sols agricoles et contribue au remembrement des terres.

Cette plaquette est abondamment illustrée de photos en couleurs, de plans de maisons, de plans de lotissements, de vues aériennes.

On peut dire qu'au cours de ces vingt-cinq années, la Société Nationale de la Petite Propriété Terrienne a bien rempli le rôle qui lui est assigné.

HERBICIDES

E. K. Woodford, G. R. Sagar. — *Herbicides and the soil.* 88 p., Blackwell Scientific Publications Oxford, 1960, Prix : 17 s. 6 d.

Cette publication comprend les exposés qui ont été présentés au Symposium sur « Les herbicides et le sol » qui s'est tenu à Oxford (Angleterre) au Laboratoire Clarendon.

La première communication, du Professeur L. J. Audus, porte sur la *décomposition microbiologique des herbicides dans les sols.* La cinétique de la disparition des herbicides et ses variations en fonction des sols, sont des facteurs majeurs qui peuvent déterminer le fait qu'une molécule donnée constitue un bon herbicide de préémergence ou un stérilisant du sol de longue durée. Certains groupes de micro-organismes — des bactéries notamment — jouent un rôle important dans ces phénomènes de détoxication. Les bactéries possèdent une adaptabilité métabolique — qui leur permet de synthétiser de nouveaux systèmes enzymatiques pour lesquels le composé étranger constitue un substrat. Cette faculté de s'adapter à des substances non naturelles n'appartient qu'à un petit nombre de bactéries et varie suivant la constitution chimique des composés. Un tableau résume l'action de 19 micro-organismes sur 12 herbicides qui ont été étudiés. Le mécanisme selon lequel une flore bactérienne capable de détoxication se développe dans un sol, constitue encore une inconnue mais cette question doit retenir l'attention des spécialistes.

Wm. W. Fletcher étudie *Les effets des herbicides sur les micro-organismes du sol.*

La grande majorité des herbicides semblent ne pas occasionner de dégâts permanents à la micro-flore du sol, mais il pourrait en être autrement et un herbicide devrait être testé au sujet de son action sur les micro-organismes du sol, avant d'être mis sur le marché.

L'exposé très fouillé de W. W. Fletcher, se limite à l'effet des herbicides sur les bactéries, les actinomycètes et les champignons ; il comprend cependant également les effets des herbicides sur certains parasites ou maladies des plantes.

L'auteur passe ainsi en revue l'action des composés inorganiques, des hormones et composés apparentés, des acides phénoxyacétiques, de l'acide phénoxypropionique, des acides phénoxybutyriques, des acides aliphatiques halogénés, des carbamates, des acétamides, des dérivés d'urée, des dérivés du phénol et de divers autres composés chimiques.

Cette mise au point présente un grand intérêt ; elle est complétée par 250 références bibliographiques.

G. S. Hartley, envisage *Les aspects physico-chimiques de la disponibilité des herbicides dans le sol.*

Il est nécessaire d'apprécier le comportement purement physique des herbicides dans le sol avant de pouvoir analyser les complications qu'engendrent les interactions avec les organismes vivants.

L'auteur étudie les modifications qui sont introduites dans le processus de

lessivage des herbicides par des variations de porosité du sol et par des alternances de drainage et d'évaporation.

Les phénomènes peuvent être profondément influencés par des différences de structure du sol et par la teneur en eau du sol au moment de l'application de l'herbicide.

W. Van der Zweep, expose *La persistance de certains herbicides importants dans le sol.*

L'auteur envisage l'intérêt que peut présenter la persistance des herbicides dans le sol. Ce phénomène de l'influence revêt une importance pratique considérable ; malheureusement, la connaissance des facteurs qui sont susceptibles de l'influencer est rudimentaire.

Pour les herbicides non sélectifs, il faut distinguer l'effet phytotoxique primaire et l'effet à long terme prévenant la réapparition subséquente de la végétation ; cette deuxième action est fonction de la stabilité de l'herbicide et de sa répartition dans le sol.

En ce qui concerne les herbicides sélectifs, il serait intéressant que leur action soit de durée assez longue mais alors se pose le problème de leur effet sur la culture suivante.

La décomposition de certains produits a pu être accélérée par inoculation à partir de sols possédant un haut degré d'inactivation.

L'auteur étudie de nombreux cas : application avant la plantation ou le semis, en préémergence, en postémergence.

HORTICULTURE

M. Lavalleye. — *Inacol, Rapport sur les essais agronomiques de 1960.* 33 p., Institut National pour l'Amélioration des Conserves de légumes, Wesembeek-Ophem, 1961.

Ce rapport résume l'activité de la section agronomique de l'Institut National pour l'Amélioration des Conserves de légumes, au cours de l'année 1960.

L'Institut poursuit ses recherches dans le domaine de l'amélioration du pois de conserve ; ce travail est effectué par sélection généalogique dans des lignées cultivées qui constituent en réalité des populations mais aussi par sélection après hybridation ; des lignées obtenues par l'une ou par l'autre méthode présentent un réel intérêt pratique.

Une collection de carottes : courtes, demi-longues, longues a été étudiée dans six localités différentes ; les observations portent sur le comportement cultural et la qualité des produits récoltés.

Diverses variétés d'épinard ont été étudiées comparativement ; l'époque du semis et celle de la récolte paraissent influencer la qualité du produit de façon plus marquée que la variété.

Des recherches très étendues ont été consacrées au désherbage des cultures. Divers traitements en préémergence ont été effectués sur le pois, la qualité du désherbage et l'influence sur le rendement ont été déterminées ; l'action de certains produits : simazin, néburon, CMU + IPC, est réellement efficace.

Chez le haricot, des produits ont été étudiés en préémergence et en postémer-

gence, avec des résultats intéressants avec : simazin, néburon, CMU + IPC, propazin.

Chez l'épinard, l'alipur en préémergence agit activement contre les mauvaises herbes sans provoquer aucune diminution du rendement.

Pour le cerfeuil, des conclusions définitives ne peuvent encore être tirées ; parmi les produits de préémergence, CIPC et propazin paraissent intéressants.

POLITIQUE SCIENTIFIQUE

Fonds national de la recherche scientifique, *Trente-troisième rapport annuel 1959-1960*. 284 p., 11, rue d'Egmont, Bruxelles.

Le F.N.R.S. accorde des mandats full-time à de jeunes chercheurs en vue de la formation d'éléments qui pourront ultérieurement entrer dans les cadres de la recherche et de l'enseignement.

Au terme des dispositions prises, le F.N.R.S. rémunèrera, au cours de l'exercice 1959-1960, 26 stagiaires de recherches, 157 aspirants, 38 chargés de recherches et 16 chercheurs qualifiés ; depuis la création de ces titres, l'Institut Agronomique de Gembloux y compte 6 chercheurs sur un total de 1061.

Le F.N.R.S. confère aussi des mandats d'associés à des chercheurs qui sont régulièrement attachés aux établissements scientifiques et d'enseignement supérieur. Au 1er octobre 1960, 44 chercheurs bénéficiaient d'un tel subside. Depuis la création du titre, 205 mandats ont été accordés dont 8 à des membres de l'Institut et du Centre Agronomique de Gembloux ce qui constitue un record puisque, au total, 9 mandats d'associés ont été attribués à des ingénieurs agronomes.

Le F.N.R.S. accorde des crédits aux chercheurs afin de leur permettre de poursuivre leurs recherches avec les meilleurs moyens techniques : le montant de ces crédits s'élève à 7.625.000 francs pour l'exercice 1960-1961. Il accorde aussi des interventions extraordinaires (3.300.000 fr) pour des recherches spéciales.

Parmi les autres activités, on peut encore citer : la collaboration à la préservation des monuments de Nubie, l'attribution de crédits pour la participation à des réunions scientifiques, l'attribution de certains prix à des chercheurs, l'attribution de bourses de recherches à l'étranger, les possibilités d'utilisation gratuite de calculatrices, la gestion du Fonds de la Recherche Scientifique médicale.

Le Fonds National de la Recherche Scientifique constitue un élément fondamental du développement de la recherche dans notre pays.

Fondation universitaire, *Quarantième rapport annuel, 1959-1960*. 138 p., 11, rue d'Egmont, Bruxelles.

Depuis 38 ans, la Fondation Universitaire a accordé des prêts à des jeunes gens désireux d'entreprendre ou de poursuivre des études supérieures, pour un montant atteignant la somme de 72 millions de francs ; aujourd'hui cette assistance financière, sous forme de bourses, est assurée par le « Fonds National des Études ».

La F.U. accorde maintenant des prêts 1) à des jeunes diplômés universitaires désireux de poursuivre des études complémentaires, 2) à des jeunes gens qui désirent se rendre à l'étranger pour préparer ou compléter un mémoire ou une thèse de fin d'études, 3) à des diplômés universitaires pour l'impression de leur dissertation d'agrégation de l'enseignement supérieur.

La F.U. peut accorder des bourses d'études à l'étranger à des jeunes universitaires ayant terminé leurs études en Belgique ; elle accorde aussi des subsides à des associations et institutions scientifiques, à des publications.

Une activité intéressante de la F.U. est celle des statistiques universitaires. Pour l'année scolaire 1958-1959, 10.292 jeunes gens et jeunes filles ont terminé leurs humanités, dont 4.989 de régime français et 5.303 de régime néerlandais ; en 1959-1960, le nombre des étudiants inscrits pour la première fois, dans un établissement d'enseignement supérieur s'élève à 6.895 dont 3.974 de régime français et 2.921 de régime néerlandais. 61% des étudiants universitaires sont de régime français, 39% de régime néerlandais.

Le nombre total des inscriptions dans les Universités en 1959 s'élève à 33.433 dont 637 en agronomie soit 1,90%.

SCIENCES NUCLÉAIRES

Institut interuniversitaire des sciences nucléaires. — *Rapport annuel 1960*. 271 p., 11, rue d'Egmont, Bruxelles.

L'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires a pour objet de susciter, de promouvoir et de coordonner en Belgique, au sein des établissements belges de haut enseignement et de recherche, les études et recherches scientifiques relevant des sciences nucléaires à l'exclusion des applications.

L'I.I.S.N. rémunère 158 chercheurs universitaires agréés qui travaillent dans les Centres de Bruxelles, Gand, Liége, Louvain, Mons, École Royale Militaire, Laboratoires des hautes énergies ; on relève parmi ceux-ci, deux ingénieurs agronomes.

Divers groupes de travail ont été constitués : groupe des accélérateurs, groupe des émulsions nucléaires, groupe des études théoriques, groupe de spectroscopie nucléaire, groupe de la technique du vide, groupe de la chimie nucléaire, groupe des radiations et de la génétique, groupe des méthodes de datage, groupe de la physique nucléaire et des basses températures, groupe des radioisotopes en médecine, groupes des traceurs en biologie et biochimie.

L'I.I.S.N. accorde aussi des possibilités de séjour à des chercheurs aux États-Unis.

Le rapport comporte les résumés de nombreuses recherches qui ont été publiées par les chercheurs de l'I.I.S.N.

On doit regretter que les Instituts Agronomiques ne soient pas représentés dans le Conseil d'Administration et dans la Commission Scientifique de l'I.I.S.N.

STATISTIQUE

A. Lenger. — *Les méthodes d'échantillonnage en sylviculture*. Biométrie — Praximétrie, Tome I, N° 3-4, p. 181-192, 1960.

Les méthodes statistiques d'échantillonnage sont largement appliquées au recensement des forêts depuis deux ou trois décennies dans plusieurs pays étrangers où la sylviculture est extensive et où le bois conditionne pour une grande part l'économie nationale (pays nordiques d'Europe et d'Amérique, pays d'Afrique centrale).

L'introduction de telles méthodes en Belgique pourrait être utile sur le plan pratique.

Les présentes recherches ont été entreprises dans la forêt domaniale d'Anlier parce qu'il s'agit d'un des plus importants massifs boisés de Belgique (superficie : 5.487 ha) et parce que cette forêt est soumise à un recensement exhaustif qui porte annuellement sur un douzième de la superficie.

Les buts poursuivis sont les suivants :

1) recherche d'un ou de plusieurs modes pratiques d'échantillonnage basés sur la surface terrière ou sur la circonférence des arbres à hauteur d'homme, permettant de reproduire avec une justesse et une précision connues l'histogramme de répartition des arbres de la forêt en fonction des catégories de grosseurs.

2) élaboration de tables de cubage spécifiques aux hêtres et aux chênes de la forêt d'Anlier.

A. Lenger, P. Gathy. — *Etude biométrique de la production en cônes et en graines du pin de Koekelare, Critères de Sélection.* Biométrie — Praximétrie, Tome I, n° 2, p. 45-60, 1960.

En vue d'établir des vergers à graines de *Pinus nigra* Arnold var. *Calabrica* Schneid, originaire de Koekelare (Belgique), on désire sélectionner les meilleurs semenciers dans un lot de onze arbres d'élite de même âge. La sélection est basée en ordre principal sur deux critères : abondance et régularité de la production.

On utilise la méthode des polynomes orthogonaux pour décrire la production annuelle en cônes et en graines de 1950 à 1957 : une régression curviligne individuelle est ajustée à chacun des onze pins dont le comportement n'est pas uniforme. La production moyenne par arbre permet d'établir un premier classement répondant au critère d'abondance. Ce classement est ensuite modifié en tenant compte de l'âge physiologique des arbres (signe et grandeur de la composante linéaire) et de la régularité de la production dont témoignent les composantes d'ordre supérieur parmi lesquelles la quintique se révèle importante.

SYLVICULTURE

C. Muhle Larsen. — *L'Amélioration du peuplier par voie génétique.* Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique, 48 p., mars-avril 1960.

Les objectifs du travail d'amélioration chez le peuplier sont les suivants : croissance rapide, forme droite, bonne adaptation au sol et au climat, résistance aux maladies, bois de qualité.

Dans certains pays, notamment en Italie, la sélection a été effectuée presque exclusivement à partir des graines récoltées sur des arbres qui croissaient à l'état naturel et qui se signalaient par des caractères intéressants. Cependant la plupart des Instituts de Recherche sur peuplier ont adopté la méthode de sélection après hybridation ; en Belgique, l'Institut de Populiculture de Grammont utilise cette technique depuis 1948.

Chez les hybrides, se manifestent parfois des effets d'hétérosis qui peuvent être exploités en pratique puisque la multiplication végétative par bouture permet d'obtenir, à partir d'un seul arbre, une descendance nombreuse qui possède les mêmes caractères héréditaires.

On peut, selon le même processus, propager des types triploïdes qui sont parfois plus intéressants que les diploïdes correspondants.

Les recherches poursuivies à l'Institut de Populiculture de Grammont, se basent sur diverses espèces : 70 clones de *Populus deltoïdes*, 120 clones de *Populus nigra*, 30 clones de *Populus trichocarpa*, une série de populations et de clones de *Populus tremula* et *Populus tremuloïdes*.

Des résultats prometteurs ont été obtenus dans des descendances issues d'hybridation : certains clones développés à partir d'hybrides F_1 (*P. deltoïdes* × *P. deltoïdes*, *P. trichocarpa* × *P. trichocarpa*, *P. deltoïdes* × *P. trichocarpa*) ont une hauteur et un diamètre nettement supérieurs à ceux des témoins *robusta* croissant dans les mêmes conditions.

Les résultats permettent d'envisager, pour l'avenir, l'introduction en culture de meilleurs types de peuplier mais on peut aussi envisager la possibilité de planter les peupliers dans des terres plus pauvres que celles où ils sont habituellement plantés.

COMMONWEALTH FORESTRY BUREAU. — *Work and Growth of the Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, 1939-1959*. 28 p., Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England, 1960. Prix : 2 s. 6 d.

Le but des divers « Bureaux agronomiques du Commonwealth » est de tenir les chercheurs au courant des derniers développements de la science dans les divers domaines de la recherche agronomique par l'analyse des publications qui paraissent dans le monde entier. Le « Bureau forestier » est le plus jeune de ces organismes ; la plaquette qu'il publie, résume son action au cours de ses vingt années d'activité.

Le Bureau forestier analyse régulièrement 1326 publications éditées en 30 langues différentes. La communication des résumés qu'il établit, est effectuée sous deux formes différentes : 1) publication trimestrielle de la revue « Forestry Abstracts » ; 2) impression des résumés sur cartes 7,5 × 12,5 cm. qui sont envoyées quatre fois par mois aux souscripteurs ; ces cartes résumés présentent un grand intérêt parce qu'elles peuvent être directement insérées dans un fichier.

Le Bureau publie également des articles de synthèse basés sur la totalité de la littérature concernant le sujet envisagé.

T. R. PEACE. — *The Status and Development of Elm Disease in Britain*. 44 p., 76 planches. Her Majesty's Stationery Office, London, 1960. Prix : 10 s.

La maladie de l'orme est apparue en Angleterre en 1927 ; elle était déjà connue en France depuis 1918 et en Angleterre depuis 1919. L'agent causal est *Ceratostomella ulmi* ; ce champignon parasite les vaisseaux, stimule les cellules parenchymateuses voisines qui forment des gommes qui bloquent les vaisseaux. Des parties plus ou moins importantes des arbres dépérissent et meurent. Depuis son apparition en Angleterre, les dégâts peuvent etre estimés à 10-20% de la production.

Les principaux agents de dispersion de la maladie sont deux insectes : *Scolytus scolytus* F. et *Scolytus multistriatus* Ratz.

Ceratostomella ulmi présente de nombreuses races physiologiques qui possèdent des virulences très différentes. Aucun des ormes cultivés en Angleterre ne présente une résistance réelle aux biotypes virulents du parasite. Certains résultats obtenus en Hollande semblent indiquer que la sélection de l'orme au point de vue de la résistance à cette maladie peut donner des résultats positifs.

Certains arbres peuvent se rétablir même après une attaque sévère mais les causes de ce phénomène sont encore absolument inconnues ; le parasite peut demeurer présent, sans extériorisation, pendant plusieurs années.

Les différences de comportement entre individus ou entre populations locales peuvent être influencées par des différences de milieux ; l'action pourrait être indirecte et provenir d'interactions sur la multiplication des scolytes.

P. Gathy. — *Rapport préliminaire sur un test d'origines de douglas vert (Pseudotsuga taxifolia* Britt.*)* Travaux. Série B, n° 26, 37 p., 8 fig. Station de Recherches des Eaux et Forêts, Groenendaal, 1961.

Le douglas revêt une importance certaine pour la sylviculture belge à cause de sa plasticité écologique ; c'est une essence essentiellement frugale qui convient pour la plupart des régions de Belgique ; seuls les sols mouilleux et les sols très secs lui sont défavorables.

Le douglas présente une grande variabilité génétique. En Amérique, son aire de distribution s'étend du Mexique au Canada. De nombreuses races se différencient par des caractères morphologiques et physiologiques.

Afin de préciser les origines qui présentent un intérêt pour la Belgique, un vaste essai comparatif a été établi sur 31 origines provenant des États de Washington et d'Orégon. Les semis ont été effectués en 1951. Les plantations ont été effectuées en 1954 à Freux et Saint-Hubert, en 1955 à Heverlee et Meerdael.

Des différences de résistance au froid ont pu être observées au cours de l'hiver 1955-1956 ; trois origines sont particulièrement intéressantes à ce point de vue.

La grande sécheresse de 1959 n'a pas révélé de différences entre les origines ; ceci confirme la grande résistance du douglas à la sécheresse.

La croissance a été déterminée à trois stades : en pépinière en 1953, en automne 1957, en automne 1959 ; six origines toutes provenant de l'État de Washington ont une croissance excellente, par contre dix origines, sept provenant d'Orégon, trois de l'État de Washington, sont nettement déficientes. De ces essais, il semble qu'on peut tirer la déduction suivante : les origines intéressantes pour la Belgique sont celles qui proviennent de l'État de Washington à l'ouest des Cascades.

usines de Java - Seilles

Tout pour l'agriculture

FACTEUR ESSENTIEL DE PRODUCTIVITÉ

SANDERS SANDERS SANDERS

DANS LE DOMAINE DE L'ÉLEVAGE

LE SERVICE AGRONOMIQUE

SANDERS

doublé d'un service de recherches biologiques
et d'une équipe de chimistes assure

ALIMENTATION ÉQUILIBRÉE
RENDEMENTS ACCRUS
SUCCÈS SANS PRÉCÉDENT

ANCIENNE MAISON LOUIS SANDERS
Société Anonyme
47-51, RUE HENRI WAFELAERTS
Tél. 37.12.35
BRUXELLES

SANDERS SANDERS SANDERS

LA POTASSE appliquée sous forme de

Sel brut-sylvinite	17 % de	K_2O
ou Chlorure de potassium	40 % de	K_2O
ou Sulfate de potasse	50 % de	K_2O

Assure aux cultures des rendements élevés et des produits de qualité.

COMPTOIR GÉNÉRAL DES SELS ET ENGRAIS POTASSIQUES S. A.

COGEPOTASSE

53, Boulevard du Midi,
BRUXELLES 1

Bureaux Régionaux :

ARLON
116, Avenue de Mersch,
Tél. 210.83

TONGRES
Rue des Marais,
Tél. 310.42

Pour la fumure des plantations au CONGO, demandez également les Engrais composés équilibrés et le Fertiphos.
Pour l'alimentation du bétail, utilisez l'Aliphos.

CONGOPOTASSE

53, Boulevard du Midi,
BRUXELLES 1

Pour vos besoins en POMPES choisissez parmi la gamme ACEC!

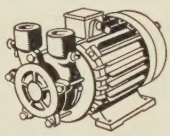
vous en retirerez plus de satisfaction.

Quel que soit le problème qui vous occupe, ACEC est à même de vous offrir, parmi une gamme très étendue, le type de pompe ou d'appareillage le mieux approprié à vos besoins.

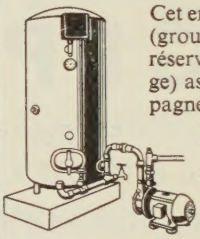
En voici 3 exemples:

1 POMPE PRIOR AM

Pompe centrifuge auto-amorçante, sans boîte à bourrage. Outre les applications courantes, elle est spécialement utilisée pour déplacer de la bière ou du vin, pour saturer l'eau gazeuze et pour l'équipement des camions citernes. Moteur mono ou triphasé.

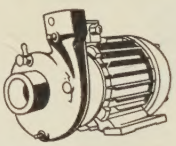


2 ENSEMBLE HYDROPRIOR



Cet ensemble complet (groupe moto-pompe, réservoir, appareillage) assure, à la campagne comme à la ville, une distribution indépendante d'eau courante sous pression.

3 GROUPE PRIOR CENTRI M



Pompe centrifuge monobloc, à une roue centrifuge, sans boîte à bourrage, pour tous débits et pressions.

Quelle que soit la pompe dont vous avez besoin, demandez dès aujourd'hui au Service ACEC-POMPES *une documentation détaillée, il se fera un plaisir de vous l'adresser gratuitement.*

ACEC

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI

BON pour une documentation gratuite illustrée ACEC-POMPES à découper (ou recopier) et à retourner à ACEC, VPV, Dépt Charleroi.

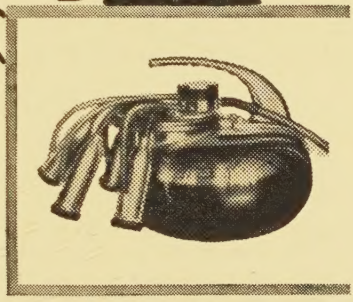
Nom .....

Profession .....

Adresse .....

moi ?

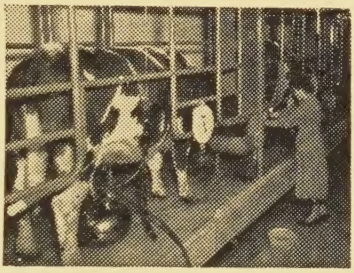
je choisis le meilleur,
je choisis

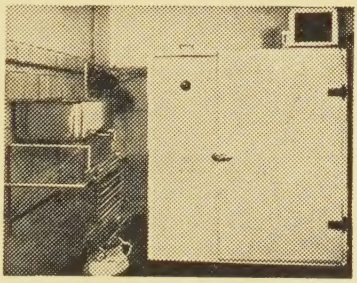


pour mon

MATÉRIEL AGRICOLE

MACHINES À TRAIRE
STALLES DE TRAITE
RÉFRIGÉRATEURS
CONGÉLATEURS
CRUCHES À LAIT
POUSSETTES À BEURRE
CLÔTURES ÉLECTRIQUES
TONDEUSES POUR LE BÉTAIL
DÉTERGENT R. L.



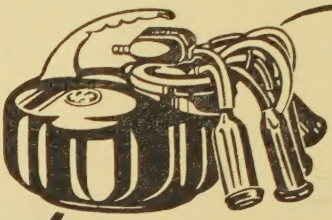


un produit F. N.,

c'est une garantie !

demandez une documentation circonstanciée à l'agent F. N. de votre région ou directement à l'usine; elle vous sera envoyée gratuitement et sans engagement.

FABRIQUE NATIONALE D'ARMES DE GUERRE S. A. - Herstal



TRAYEUSE BELGE SURGE-MÉLOTTE ORIGINALE

PROGRÈS CONSTANTS

PROFITEZ DONC VOUS AUSSI DES GRANDS AVANTAGES DES

APPAREILS DE LAITERIE MÉLOTTE

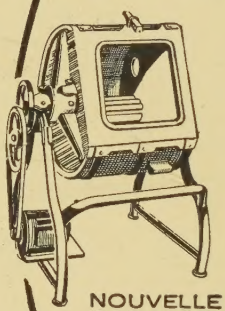
QUI VOUS ASSURERONT

ÉCONOMIE
CONFORT
SÉCURITÉ

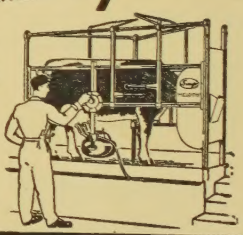
ÉCRÉMEUSE MÉLOTTE TOUT ACIER INOXYDABLE

LE NOMBRE IMPRESSIONNANT D'APPAREILS MÉLOTTE EN USAGE DANS LES FERMES EST LA MEILLEURE PREUVE DE LEUR GRANDE SUPÉRIORITÉ

FORG-



NOUVELLE BARATTE-MALAXEUR MÉLOTTE



STALLE DE TRAITE A POSTE FIXE

ÉCRÉMEUSES MÉLOTTE S.A. REMICOURT BELGIQUE

IMPRIMERIE DES ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX (*Imprimé en Belgique*).